



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE ACS Y
CALEFACCION POR SUELO RADIANTE CON PLACAS
SOLARES TÉRMICAS”

DOCUMENTO N°1: MEMORIA

Aitor Gárate Bienzobas

Rafael Araujo

Pamplona, 25 de Abril de 2013

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
1.1.- OBJETO DEL PROYECTO	6
1.2.- ALCANCE	6
1.3.- DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	6
1.4.- DATOS DE PARTIDA	7
1.5.- NORMATIVA	7
2. INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN	9
2.1.- INTRODUCCIÓN	9
2.2.- CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN	9
2.2.1. POR EL GRADO DE CONCENTRACIÓN	10
2.2.2. POR EL MÉTODO DE OBTENCIÓN DE CALOR	10
2.2.3. POR EL FLUIDO PORTADOR DE CALOR	11
2.2.4. POR LA RED DE DISTRIBUCIÓN	13
2.2.5. POR LOS TIPOS DE APARATOS CALEFACTORES	14
2.3.- SOLUCIÓN ADOPTADA	17
2.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	18
2.4.- CONDICIONES DE DISEÑO	20
2.4.1. CONDICIONES INTERIORES	21
2.4.2. CONDICIONES EXTERIORES	21
2.5.- PROPIEDADES TÉRMICAS DEL EDIFICIO	22
2.5.1. TIPOS DE CERRAMIENTOS QUE COMPONEN EL EDIFICIO	22
2.5.2. CONDENSACIONES DE LOS CERRAMIENTOS	25
2.5.3. FICHAS JUSTIFICATIVAS	26
2.6.- ESTIMACIÓN DE LA CARGA TÉRMICA DE CALEFACCIÓN	28
2.6.1. PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN	28
2.6.2. PÉRDIDAS POR INFILTRACIÓN O RENOVACIÓN	29
2.6.3. PÉRDIDAS POR SUPLEMENTOS	30
2.7.- SUELO RADIANTE	32
2.7.1. MATERIALES Y CARACTERÍSTICAS	32
2.7.2. ZONIFICACIÓN	32
2.7.3. TEMPERATURA DEL SUELO	33
2.7.4. TEMPERATURA DE IMPULSIÓN	34
2.7.5. PASO DEL SUELO RADIANTE Y SALTO DE TEMPERATURA	35
2.7.6. CAUDAL DE AGUA POR HABITACIÓN	36
2.7.7. VELOCIDAD DEL AGUA	36
2.7.8. CÁLCULO DE LOS MONTANTES	37
2.7.9. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN LOS CIRCUITOS Y DIMENSIONAMIENTO BOMBA DE IMPULSIÓN	38
2.7.10. EQUILIBRADO DE CADA COLECTOR DE DISTRIBUCIÓN	39
2.7.11. ELECTROVÁLVULAS	39
2.7.12. CÁLCULO INTERCAMBIADOR	40
2.7.13. CÁLCULO ELEMENTOS DEL CIRCUITO SUELO RADIANTE	40
2.7.14. OTROS ELEMENTOS PARA MONTAJE SUELO RADIANTE	42
3. INSTALACIÓN DEL ACS	43
3.1.- INTRODUCCIÓN	43
3.2.- CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES	43
3.2.1. POR EL NÚMERO DE UNIDADES DE CONSUMO ATENDIDAS	43

3.2.2. POR EL SISTEMA EMPLEADO EN LA PREPARACIÓN DE ACS.	43
3.2.3. POR EL ORIGEN DE LA ENERGÍA EMPLEADA	44
3.3.- SOLUCIÓN ADOPTADA	44
3.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN :.....	44
3.4.- DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE ACS	45
3.5.- DEPÓSITOS DE ACUMULACIÓN	46
3.5.1. ACUMULADOR PRIMARIO:	47
3.5.2. ACUMULADOR SECUNDARIO:	48
3.6.- BOMBAS DE IMPULSIÓN.....	50
3.7.- VASOS DE EXPANSIÓN.....	51
4. INSTALACIÓN SOLAR	53
4.1.- INTRODUCCIÓN.....	53
4.2.-FACTORES INFLUYENTES EN LA RADIACIÓN SOLAR	53
4.2.1. Posición de la tierra respecto al sol:	53
4.2.2. EL CLIMA:	55
4.2.3. LA ATMÓSFERA:.....	55
4.3.- RADIACIÓN SOLAR SOBRE SUPERFICIE PLANA	56
4.4.- SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR : EL COLECTOR.....	56
4.4.1. CLASIFICACIÓN:	57
4.4.2. MODELO ELEGIDO:.....	57
4.4.3. COMPONENTES PRINCIPALES DEL COLECTOR:	59
4.4.4. FUNCIONAMIENTO:	61
4.5.- INSTALACIONES BÁSICAS.....	62
4.5.1. PRINCIPIO DE CIRCULACIÓN	63
4.5.2. POR EL SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CALOR:	63
4.5.3. POR EL SISTEMA DE EXPANSIÓN:	65
4.5.4. POR LA APLICACIÓN:.....	65
4.6.- SOLUCION ADOPTADA	65
4.7.- ESTUDIO DE LA INSTALACIÓN SOLAR	67
4.7.1. DATOS DE PARTIDA.....	67
4.7.2. MÉTODO EMPLEADO	67
4.8.- INSTALACIÓN DE LOS COLECTORES	68
4.8.1. ORIENTACIÓN DE LOS COLECTORES	68
4.8.2. INCLINACIÓN.....	69
4.8.3. PÉRDIDAS	69
4.8.4 CONEXIÓN:.....	70
4.8.5. SOPORTE:.....	71
4.9.- LEGIONELOSIS	71
4.9.1. TRANSMISIÓN DE LA BACTERIA AL HOMBRE :	72
4.10.- FLUIDO CALOPORTADOR.....	74
5. SALA DE CALDERA	75
5.1.- CALDERA	75
5.2.- EMPRESA SUMINISTRADORA.....	77
5.3.- CARACTERÍSTICAS DEL GAS.....	77
5.4.- CONDUCCIONES DEL GAS	78
5.5.- CHIMENEA.....	78
5.6.- INSTALADOR	78
5.7.- INSONORIZACIÓN.....	79
6. SISTEMA DE CONTROL	80
7. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO	81

8. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	82
9. ESTUDIO DE VIABILIDAD	83
9.1 ESTUDIO ECONÓMICO	83
9.2 ESTUDIO ECOLÓGICO	86

1. INTRODUCCIÓN

1.1.- OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es calefactar una vivienda unifamiliar con apoyo de energía solar, dando unas condiciones de servicio para el confort en dicha casa.

Este proyecto se va a llevar a cabo utilizando la energía solar captada por colectores solares para calentar el agua caliente sanitaria y la calefacción por suelo radiante.

El objetivo del proyecto es dimensionar los elementos y definir las características técnicas y económicas para poder realizar su instalación.

1.2.- ALCANCE

Este proyecto presenta una dificultad en este aspecto. Al estar dimensionado para una vivienda en particular su aplicabilidad se ve reducida a todas aquellas viviendas que presenten una distribución idéntica.

Es por ello que al formar parte de un adosado en el cual ambas viviendas unifamiliares son simétricas, sería uno de los pocos casos en los que se podría hacer efectiva la instalación.

1.3.- DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

La vivienda unifamiliar sobre la que se va a centra el estudio se ubica en Tiebas – NAVARRA. Con el fin el fin de obtener una mayor visualización de la zona consultar plano 1.

El unifamiliar como ya se ha mencionado, esta adosado a una vivienda de idénticas características sin edificaciones contiguas. La vivienda ya cuenta con los servicios de energía eléctrica, abastecimiento de aguas con todas sus canalizaciones y escape de gases, por lo que no serán objeto del proyecto.

Se trata de un unifamiliar de dos plantas con garaje en su parte baja. Su distribución en planta y las superficies de cada uno de los habitáculos es la siguiente:

CUADRO DE SUPERFICIES UTILES

PLANTA BAJA

CONCEPTO	SUPERFICIE
Trastero	4,70 m ²
Garaje	18,39 m ²
Salon- Comedor	34,21 m ²
Aseo	3,29 m ²
Paso	4,54 m ²
Armario	1,42 m ²
Vestíbulo	4,95 m ²
Cocina	11,08 m ²
Dormitorio 1	10,81 m ²

1ª PLANTA

CONCEPTO	SUPERFICIE
Dormitorio 2	18,70 m ²
Baño 2	7,03 m ²
Baño 1	5,61 m ²
Paso	4,60 m ²
Escalera	6,00 m ²
Dormitorio 3	11,79 m ²
Dormitorio 4	13,09 m ²

SUPERFICIE UTIL TOTAL **160,21 m²**

La altura del edificio es de 10,00 m. La altura de la planta baja y de la primera es de 2,70 m. cada una, mientras que la de la cubierta es de 2,57 m.

1.4.- DATOS DE PARTIDA

Es necesaria la composición de los diversos cerramientos que conforman el edificio. Estos, junto con los planos facilitados, forman los datos de partida para el presente proyecto.

Antes de ponerse a trabajar con los diferentes tipos de cerramientos que componen el edificio, hay que determinar y especificar la zona climática donde se ubica el edificio, en función de la cual el CTE nos limitará más o menos la calidad de dichos cerramientos.

1.5.- NORMATIVA

Para la realización de este proyecto se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios (RITE).
- Normas UNE correspondientes.

* vaso expansión UNE EN 100:155

* suelo radiante UNE EN 1264:1998

- * colectores solares UNE-EN 12975-1:2001
- * tuberías de cobre UNE EN 1 057:1996
- * legionella UNE 100030 IN/2005

2. INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

2.1.- INTRODUCCIÓN

Se llama calefacción al proceso que controla la temperatura mínima de un local. Por tanto, el objetivo final de una instalación de calefacción es lograr que la temperatura dentro de un local no descienda nunca por debajo de un valor previamente fijado.

Una instalación de calefacción depende fundamentalmente de 2 factores:

- Las características del local, tamaño, uso, materiales constructivos....
- La climatología del lugar donde se encuentre.

Las instalaciones de calefacción suelen estar integradas por 3 subsistemas:

1. PRODUCCIÓN
2. DISTRIBUCIÓN
3. EMISIÓN DE CALOR

La energía exterior aportada que se invierte en producción de calor es transferida, en parte, al subsistema de distribución, pero por otra parte se pierde hacia el exterior. A su vez, de la energía transferida al subsistema de distribución una parte se transferirá al exterior y el resto llegará al subsistema de emisión, donde los emisores se encargan de calentar el local.

2.2.- CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN

A continuación se enumeran las distintas clasificaciones de los sistemas de calefacción siguiendo distintos criterios:

- Por el grado de concentración: unitarias, individuales y colectivas o centralizadas.
- Según el modo de obtención de calor: bomba de calor, calefacción eléctrica, calefacción por energía solar y calefacción convencional.
- En función del fluido portador de calor: aire, agua, vapor y fluidos térmicos.
- En función de la red de conexión de los aparatos calefactores: monotubo, bitubo, retorno directo, retorno invertido, distribución superior y distribución inferior.

- Por el tipo de aparato calefactor: radiadores, convectores, fan-coil y aerotermos.

2.2.1. POR EL GRADO DE CONCENTRACIÓN

- **UNITARIA:** cuando el calor se produce y emite desde un aparato que calienta total o parcialmente un único local.
- **INDIVIDUAL:** aquella instalación destinada a calefactor varios locales distintos, a través de varios aparatos calefactores que son propiedad de un único usuario.
- **COLECTIVA:** aquella instalación que suministra calefacción a un número más o menos grande de locales distintos de diferentes usuarios.

2.2.2. POR EL MÉTODO DE OBTENCION DE CALOR

- **BOMBA DE CALOR:** consiste en la captación de energía de bajo nivel térmico, generalmente aire del ambiente exterior o un circuito de baja temperatura, para elevar posteriormente su temperatura mediante la utilización de ciclos termodinámicos hasta niveles que permitan su utilización en instalaciones térmicas.
- **CALEFACCIÓN ELÉCTRICA:** corresponde a todos aquellos sistemas de calefacción que utilizan la disipación de la energía eléctrica mediante el efecto Joule como fuente de calor. Se conoce como efecto Joule el fenómeno de que una corriente eléctrica, al pasar por una resistencia, desprende calor.
- **CALEFACCIÓN POR ENERGÍA SOLAR:** en estos sistemas la fuente de energía térmica es la radiación procedente del sol que llega a la superficie terrestre, en la que mediante superficies captadoras (colectores) de dicha energía, se transforma en energía térmica cedida a un fluido caloportador, que o bien a través de un sistema acumulador o bien directamente, la transportan hasta los locales a calefactor.
- **CALEFACCIÓN CONVENCIONAL:** aquellos sistemas que emplean como fuente energética el calor de combustión de un combustible orgánico.

Éstos se pueden encontrar en tres estados físicos distintos : sólidos, líquidos y gaseosos; de ahí que encontremos esta distinción :

- Instalaciones de calefacción por gas: gas ciudad, gas natural o G.L.P.
- Instalaciones de calefacción de combustibles líquidos: gasóleo o fuelóleo.
- Instalaciones de calefacción de combustibles sólidos: carbón, leña o madera.

En este sistema, un combustible determinado se introduce en un generador de calor, junto con el comburente preciso para realizar su oxidación, desprendiendo una cierta cantidad de calor que es transferida a un fluido caloportador para su posterior utilización.

2.2.3. POR EL FLUIDO PORTADOR DE CALOR

a) AIRE :

Las ventajas que presenta este sistema son:

- Facilidad con la que se puede convertir en un sistema de refrigeración e incluso en uno de aire acondicionado.
- Es un sistema de muy baja inercia térmica por lo que se puede conseguir un rápido calentamiento del aire de los locales.
- Bajo costo de la instalación
- Ausencia de aparatos calefactores terminales.

Los inconvenientes son los siguientes:

- Es necesario el movimiento de grandes masas de aire ya que el aire tiene un calor específico muy pequeño; además no se puede suministrar aire a excesiva temperatura. Por tanto, los conductos han de ser voluminosos para llevar el caudal necesario sin ruidos.
- Al tener un gran tamaño, no es fácil alojarlos.
- Complejidad en el cálculo de la instalación dando lugar a falta de uniformidad en la temperatura ambiente.

b) AGUA :

El agua es elemento abundante y fácil de conseguir. Tiene un poder específico elevado, por lo que moviendo cantidades relativamente pequeñas podemos trasladar y transferir gran cantidad de calor. Uno de los inconvenientes del agua es que puede dar lugar a problemas de corrosión en las partes metálicas de la instalación, pero su agresividad está determinada por el contenido de oxígeno disuelto en ella.

Las instalaciones de calefacción por agua caliente se pueden dividir en dos grupos:

- Instalaciones abiertas :

El agua del circuito está en contacto con la atmósfera a través de un depósito de expansión, obteniendo temperaturas máximas de 90 ó 95° C. Este tipo de instalación se emplea cuando se quieren obtener bajas o medias temperaturas.

- Instalaciones cerradas :

Aquellas en las que no existe contacto aire-agua, al ir dotadas de vasos de expansión cerrados permitiendo temperaturas de utilización de más de 100° C. Son adecuadas para bajas, medias y altas temperaturas. Cuando el agua está a más de 100° C se denomina agua sobrecalentada.

Según el movimiento del agua se pueden clasificar en:

- Por gravedad :

Esta forma produce grandes pérdidas de carga, los diámetros de las tuberías son excesivamente grandes por lo que resulta negativo desde el punto de vista económico.

- Por convección forzada :

Este sistema permite mediante una bomba, aumentar la presión disponible produciendo una disminución de las secciones de las tuberías, por lo que de esta manera se compensa el aumento del costo en bombas de circulación. De esta forma se consigue que la circulación por toda la red de distribución sea más homogénea.

c) VAPOR :

Los sistemas de calefacción cuyo fluido caloportador sea vapor de agua, normalmente a baja temperatura, tienen su funcionamiento similar al de las instalaciones anteriores salvo en que los aparatos calefactores, ya que el vapor de agua al ceder su calor latente de cambio de estado condensa, retomando en estado líquido a la caldera.

Entre sus ventajas destaca que tienen inercia térmica menor que la del sistema por agua y es más favorable que éste cuando se necesitan rápidas puestas en funcionamiento. Normalmente es utilizado a baja presión y temperatura superiores a 120° C; en estas condiciones tiene la ventaja sobre el agua de que los emisores suelen ser más pequeños.

También tiene inconvenientes como la posibilidad de quemaduras al tener contacto con los emisores por las altas temperaturas.

2.2.4 POR LA RED DE DISTRIBUCIÓN

- BITUBO

Es el sistema más común. El fluido caloportador que sale de la caldera discurre a través de un conjunto de tuberías, denominado circuito de ida, a temperatura constante. Este circuito de ida reparte el caudal necesario a cada uno de los aparatos calefactores. Desde la salida de los equipos calefactores y hasta la caldera, existe otro conjunto de tuberías, circuito de retorno (paralelo al anterior) que puede ser directo o invertido.

Entre las ventajas que presenta el sistema bitubular está la mayor facilidad de cálculo y equilibrado hidráulico de la instalación, debido sobre todo a que todos los emisores les llega el agua a igual temperatura y en ellos se enfría por igual.

Aunque también precisa un mayor número de tuberías y cambios frecuentes en las secciones de las mismas y por tanto un aumento del coste de la instalación.

- MONOTUBO

Aquí se utiliza un solo tubo que actúa tanto de circuito de ida como de circuito de retorno, estando los emisores en serie y alimentando cada uno al siguiente.

Este sistema necesita de válvulas especiales que deben regular el paso del agua hacia el emisor, haciendo que una parte variable pase a éste y desviando el resto del caudal hacia el emisor siguiente.

Respecto al bitubo, se encuentran las siguientes ventajas :

- Más sencillo y más económico (mano de obra, secciones de las tuberías)

Y entre los inconvenientes :

- A los últimos radiadores les llega el agua a menor temperatura que a los primeros, por lo que el cálculo de la superficie radiante de cada radiador es más complicado.

- También el cálculo de las pérdidas de carga se hace más difícil.

- RETORNO DIRECTO

En este tipo de instalación las longitudes de tubería de ida y retorno, a cada emisor, son prácticamente iguales siendo en cambio los recorridos de tubería de un emisor a otro muy distintos, con lo que para un mismo diámetro, las pérdidas de presión serán tanto mayores cuanto mas alejado de la caldera se encuentre el emisor, por lo que el primero (respecto de la situación de la caldera) recibirá mayor cantidad de agua y a mayor temperatura que el siguiente y así sucesivamente, dando como resultado una desigualdad importante.

- RETORNO INVERTIDO

En este caso se consigue que el recorrido del agua para cada uno de los aparatos calefactores sea aproximadamente el mismo, ya que se compensan los recorridos del circuito de ida con los de retorno, de forma que las pérdidas de carga se igualan, con lo que los cuerpos emisores reciben caudales semejantes y se igualan las aportaciones caloríficas, siempre que se mantenga constante el diámetro de tubería.

2.2.5. POR LOS TIPOS DE APARATOS CALEFACTORES

Estos aparatos (también llamados emisores) están destinados a proporcionar el calor necesario para mantener la temperatura deseada.

- RADIADOR

Es la superficie de calefacción mas utilizada. Emite un 20 % de su calor por radiación y el resto por convección. Están formados por un número de elementos y los materiales utilizados son el acero, el hierro fundido y el aluminio.

- CONVECTOR

Cede todo el calor por convección al aire, que se hace circular a través de sus superficies calientes y le dan forma a su cubrición para canalizar el aire del local y hacerle pasar de manera forzosa por un foco de calor ya sea de manera natural o forzada.

- PANELES

Consiste en placas huecas de poco espesor por cuyo interior circula el fluido caloportador; presentan una gran superficie de cesión de calor por radiación y por convección.

- FAN-COIL

Es un serpentín formando un radiador por cuyo interior circula el agua de calefacción y lleva incorporado un ventilador eléctrico que fuerza a pasar el aire recirculado de la habitación a través del citado radiador robándole su calor.

Se suele emplear en instalaciones de climatización, llevando en estos casos también otra batería de agua fría para enfriar el aire en verano.

- SUELO RADIANTE

Se trata de introducir calor en el suelo y dejar que la radiación ambiente las casas. La versión moderna es instalar en el solado tubos de polietileno reticulado. Los tubos se colocan de 3 a 5 cms., por debajo de la superficie, con una separación de 10 a 30 cms., entre ellos.

Haciendo circular por los tubos agua entre 35 y 45° C, el suelo se mantiene entre 20 y 28° C y el ambiente entre 18 y 22° C. El grado de confort que se consigue con este tipo de calor es ideal. Pensándolo bien, calentamos agua a 40° C para mantener la casa a 20° C. Con los sistemas tradicionales quemamos combustible a temperaturas superiores a 800° C, para calentar agua a 70 y 80° C y

mantener la casa a 20° C. Es obvio que los saltos térmicos son mucho más altos y, de esto, resultan pérdidas de calor mayores.

El calor aportado por el suelo radiante es uniforme en toda la vivienda. Una importante condición para el confort humano es que, entre el punto más caliente y más frío de la casa, no haya una diferencia de temperatura superior a 5° C. El calor viene del suelo (muy importante en casa con niños pequeños) y llega hasta una altura de 2 a 3 m., justo donde se necesita. Esto nos da un confort a 18° C, temperatura ambiente, idéntico a 20° C con sistema convencional. Cada grado de diferencia en la temperatura de la casa significa un ahorro del 6 al 8 % en gasto de calefacción.

Ventajas del suelo radiante :

ESTETICA:

No hay aparatos de calefacción en la casa (radiadores, fan-coils....), resultando la decoración muy beneficiada.

SALUDABLE:

El agradable y uniforme calor de la vivienda y el suelo asegura un ambiente sano y limpio, sin acumulación del polvillo quemado, sin turbulencias de aire y sin resecar el ambiente.

Por esto, el suelo radiante esta especialmente recomendado para guarderías, hospitales, residencias de ancianos, etc.

AISLAMIENTO:

El montaje del suelo radiante se realiza mediante la construcción o rehabilitación de la vivienda. Una vez levantada la tabiquería, terminadas las instalaciones de fontanería y electricidad y lucidas las paredes. En la instalación se aporta un aislamiento adicional al edificio que mejora notablemente los parámetros del aislamiento térmico y acústico del mismo. Esto contribuye a conseguir mayor confort y economía reduciendo costes de mantenimiento.

BAJO MANTENIMIENTO:

El tubo de polietileno reticulado es prácticamente indestructible, tampoco es atacado por la corrosión. La dilatación térmica del tubo no perjudica al pavimento.

2.3.- SOLUCIÓN ADOPTADA

En este caso se ha utilizado el sistema de calefacción por suelo radiante para aprovechar lo máximo posible la energía solar. Ya que en invierno la temperatura que alcanza el agua por el calentamiento de la radiación solar no es muy alta, se coloca el sistema de suelo radiante que utiliza agua a 40-50° C.

Las razones por las que se coloca este sistema son, como ya se han comentado algunas anteriormente:

1. Distribución de temperaturas uniforme. Esto provoca que se asemeje bastante a la distribución ideal creando una atmósfera de bienestar mayor al resto de los sistemas.



Fig.1.1 - Calefacción ideal



Fig.1.2 - Suelo radiante Uponor



Fig.1.3 - Radiadores



Fig.1.4 - Convectores

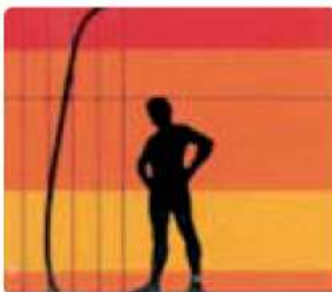


Fig.1.5 - Calefacción por techo



Fig.1.6 - Calefacción por pared

2. Es una instalación invisible. No resulta ni rompe la decoración del hogar.
3. La instalación es de muy larga duración y bajo costo de mantenimiento.
4. Ofrece al usuario economía a corto y largo plazo debido al ahorro energético.
5. Son instalaciones de agua a baja temperatura por lo que se evitan las posibles quemaduras con tuberías.
6. Se reducen considerablemente las pérdidas de calor por tuberías en el camino desde el equipo productor de calor a las zonas a calefactar.
7. La rapidez de instalación es mucho mayor que en los sistemas tradicionales.

8. La circulación de aire es mínima, la velocidad de migración de las capas de aire caliente hacia las zonas frías es proporcional a la diferencia de temperaturas del aire entre ambas zonas, caliente y fría. Como la temperatura de la superficie emisora (pavimento) de un sistema de calefacción por suelo radiante es baja (inferior a 30° C), esa diferencia de temperaturas del aire es muy reducida lo que origina que el movimiento de aire debido al sistema de calefacción sea imperceptible. Una ausencia de movimiento de aire produce menor movimiento lo cual tiene como resultado menos polvo y un entorno mas higiénico y confortable.

9. Simplifica la limpieza de la casa al estar bajo el suelo.

10. Elimina los indeseables suelos fríos.

11. Compatible con casi cualquier fuente de energía. La moderada temperatura de impulsión de agua que necesita el sistema hace que éste sea compatible con casi cualquier fuente energética (electricidad, combustibles derivados del petróleo, energía solar, carbón, gas natural, etc.). En particular, es el único sistema de calefacción que puede ser alimentado energéticamente por paneles solares térmicos. Es ecológico.

2.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCION ADOPTADA

El esquema general de la instalación del suelo radiante viene descrita en los planos nº8 “instalación de calefacción” y en nº9 “esquema ACS y suelo radiante”.

Las fuentes de energía para el calentamiento de agua son la energía solar y el gas que quema la caldera. El circuito de suelo radiante se compone de los captadores solares que calientan el fluido caloportador, el cual por medio del intercambiador colocado, transmite al agua del suelo radiante el calor necesario para aumentar su temperatura.

También se realiza la división de zonas climatizadas para poder calefactor únicamente las zonas que se están utilizando, o las que no llegan a la temperatura requerida. Para ello se coloca un circuito individual para cada habitación. Cada circuito se activa desde la centralita a través de las sondas de temperaturas y electroválvulas que van integrados en cada uno de ellos. En cada habitación existe una sonda de temperatura que manda a la centralita la temperatura ambiente en cada momento. Si esta temperatura es inferior a una determinada (20° C) y en esa

habitación se requiere calefacción, la centralita activa la electroválvula que deja circular agua caliente por ese circuito.

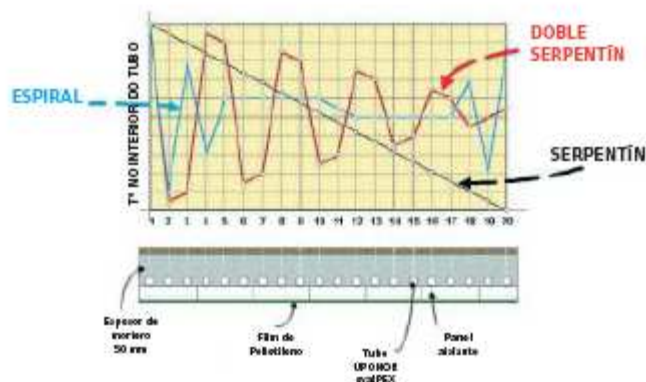
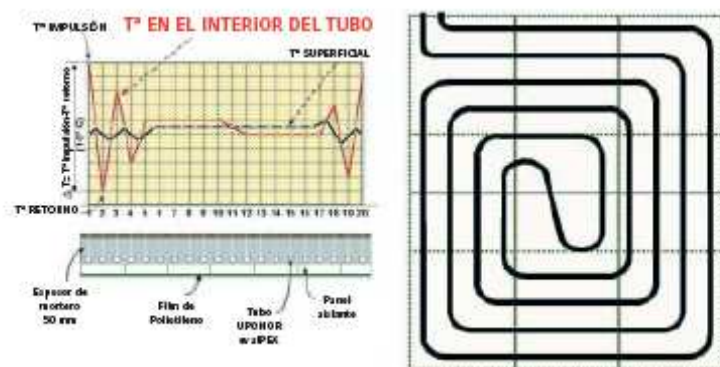
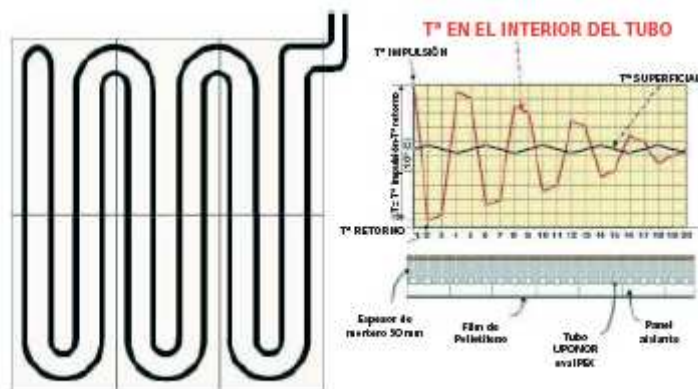
Para la división zonal se instalan dos cajas de colectores, uno por planta, compuestos por uno de ida con seis circuitos cada uno, desde donde salen los circuitos y también otro de retorno con otros tantos circuitos.

El camino recorrido por el agua caliente del suelo radiante, parte de la salida del intercambiador donde recibe el aporte calorífico necesario para aumentar su temperatura a 46,55° C, que es la temperatura de ida de los circuitos. Si este agua no alcanza la temperatura necesaria para responder a las necesidades de los habitáculos entrará en funcionamiento la caldera. Si por el contrario el agua de los colectores solares viene sobrecalentada, el agua de calefacción se calentará demasiado. Por lo que si fuera al suelo radiante directamente pudiera existir riesgo de quemaduras o excesiva temperatura en las habitaciones, para evitar este posible error, se coloca una válvula de tres vías con el retorno, que mezcla el agua hasta dejarla a la temperatura de impulsión requerida.

Este agua llega a los dos colectores por medio de tuberías wirsbo-eval Pex32x2.9 y desde ahí se distribuye a cada habitación. Si la temperatura de la habitación se excede de lo requerido por el consumidor se detiene la circulación de agua mediante el cierre de las electroválvulas que se controlan desde la centralita. Si se detienen todas las electroválvulas se pararía la bomba.

Al retomar se vuelven a juntar todos los circuitos en el colector de retorno. Desde ahí vuelven al intercambiador. Se coloca un retorno invertido para no tener problemas de equilibrado. También para este problema se colocan unas llaves con unos detentes ajustados debidamente para equilibrar las pérdidas.

Se discutió al implantar un dibujo de doble serpentín o en espiral. Con esta última se consigue una mejor distribución de temperaturas, pero para instalarla en habitaciones irregulares es mejor la primera de ellas. Este factor es el que determino que se decantara por la opción de la distribución de doble serpentín.



2.4.- CONDICIONES DE DISEÑO

El punto de partida a la hora de la realización de un proyecto de instalación de calefacción es fijar las condiciones de diseño, tanto interiores como las exteriores del lugar donde se va a realizar la instalación.

2.4.1. CONDICIONES INTERIORES

Las condiciones interiores de diseño quedan definidas por la temperatura de uso de los locales, la humedad relativa, el movimiento y pureza del aire aunque también importan factores como la temperatura superficial de los cerramientos, aportación calorífica, iluminación...

Teniendo en cuenta que el control de todos esos factores, solamente se conseguirá con la climatización del aire acondicionado, por medio de la calefacción solo se considerará la temperatura interior, la velocidad media del aire y la humedad relativa interior.

Estos valores deben mantenerse en los espacios habitables que vienen definidos en el CTE y que se corresponden con las habitaciones, salones, cocinas, baños, aseos, pasillos, distribuidores y las zonas comunes de circulación en el interior de los edificios. Se ha adoptado una temperatura del aire interior de 20° C en todos los espacios de la vivienda. Los espacios como garajes y trasteros, se considerarán espacios no habituales y no se deben calefactor (I.T.E.02.4.3.), por lo que se considerará que están a 10° C.

2.4.2. CONDICIONES EXTERIORES

Para mantener constante la temperatura de un local debe igualarse en cada instante el flujo de calor que proporcionan los emisores con la pérdida de calor. Por lo tanto, el flujo de calor que se demanda a los emisores en cada instante es variable ya que depende de las condiciones exteriores en cada momento del día y del año.

Con objeto de determinar el tamaño de los quipos que integran la instalación de calefacción, se supone que la temperatura exterior permanece constante e igual a un valor denominado temperatura exterior de diseño que se corresponde con la temperatura media del mes de enero. Para nuestro proyecto, estos valores son :

Temperatura exterior : -5° C

Humedad exterior : 80 %

2.5.- PROPIEDADES TÉRMICAS DEL EDIFICIO

Ya establecidas las condiciones interiores y exteriores, se evalúan las características térmicas de los diferentes cerramientos que componen la vivienda, con el fin de estimar la cantidad de calor que se intercambia con el exterior y por tanto la cantidad de energía térmica necesaria para mantener unas condiciones de bienestar en el interior de los locales.

2.5.1. TIPOS DE CERRAMIENTOS QUE COMPONEN EL EDIFICIO

Se definen los **cerramientos** como los cuerpos físicos que se utilizan que se utilizan para reducir el flujo de energía en forma de calor de un foco caliente a otro frío debido a la diferencia de temperaturas existente entre uno y otro. Se trata de los cerramientos que separan las viviendas o locales calefactados de los no calefactados o bien del exterior.

2.5.1.1. Cerramientos en contacto con el ambiente exterior.

FACHADA

MATERIAL	ESPESOR (m)
Fabrica de ladrillo perforado	0,120
Mortero de cemento	0,010
Poliestireno expandido	0,050
Cámara de aire no ventilada	0,015
Fábrica de ladrillo hueco	0,070
Enlucido de yeso	0,010

VUELO

MATERIAL	ESPESOR
Maderas frondosas	0,010
Hormigón celular con aridos silíceos	0,050
Poliestireno expandido	0,050
Forjado	0,300

2.5.1.2. Cerramientos en contacto con el terreno

SOLERA 1

MATERIAL	ESPESOR
Azulejo cerámico	0,020
Mortero de cemento	0,025
Hormigón celular con áridos silíceos	0,060
Poliestireno expandido	0,050
Forjado	0,300

SOLERA 2

MATERIAL	ESPESOR
Parquet	0,015
Hormigón celular con áridos silíceos	0,060
Poliestireno expandido	0,050
Forjado	0,300

2.5.1.3. Particiones interiores en contacto con espacios no habitables

TABIQUE

MATERIAL	ESPESOR
Enlucido de yeso	0,010
Fábrica de ladrillo hueco	0,070
Mortero de cemento	0,010
Cámara de aire no ventilada	0,015
Lana mineral	0,040
Fábrica de ladrillo hueco	0,070
Enlucido de yeso	0,010

CUBIERTA

MATERIAL	ESPESOR
Lana mineral	0,100
Forjado	0,300
Enlucido de yeso	0,010

2.5.1.4. Puentes térmicos

PILARES

MATERIAL	ESPESOR
Fabrica de ladrillo perforado	0,040
Pilar de hormigon	0,300
Poliestireno expandido	0,050
Cámara de aire no ventilada	0,015
Fábrica de ladrillo hueco	0,070
Enlucido de yeso	0,010

CANTO DE FORJADO 1

MATERIAL	ESPESOR
Fabrica de ladrillo perforado	0,040
Mortero de cemento	0,020
Zuncho de hormigon	0,300
Poliestireno expandido	0,050
Hormigón celular con áridos silíceos	0,060
Parquet	0,015

CANTO DE FORJADO 2

MATERIAL	ESPESOR
Fabrica de ladrillo perforado	0,040
Mortero de cemento	0,020
Zuncho de hormigon	0,300
Vidrio celular	0,020
Enlucido de yeso	0,010

2.5.1.5 Huecos

Todas las ventanas de las viviendas se realizarán con los siguientes materiales:

- Carpintería de aluminio CORTIZO COR 70 UH, $m = 2.70 \text{ (m}^2\text{K/W)}$
- Vidrio AISLAGLAS. Doble acristalamiento 6/14/4 GUARDIAN SUN.
 $UH, V = 1.1 \text{ (m}^2\text{K/W)}$

Puertas:

- Carpintería de madera maciza de roble.

VENTANAS Y PUERTAS

ALZADO	TIPO	UDS	DIMENSIONES (m)
NORDESTE	V1	4	1,63X1,25
SUROESTE	V2	1	0,75X1,25
SUROESTE	P1	2	1,58X2,05
SUROESTE	V3	1	2,12X1,25
SURESTE	V4	1	1,00X1,25

2.5.2. CONDENSACIONES DE LOS CERRAMIENTOS

El aire atmosférico contiene cierta cantidad de vapor de agua que varía de una manera cíclica con los cambios estacionales. A una temperatura dada el aire no puede contener en estado vapor más que una cantidad de agua inferior a un nivel máximo denominado de saturación. Cuando el contenido de vapor de agua es menor, el aire no está saturado y se caracteriza por su humedad relativa o relación entre el peso o presión de vapor de agua existente y el vapor de agua saturante.

La presión de saturación será más elevada a medida que la temperatura de aire sea más alta. Una masa de aire inicialmente no saturada llevaba a una temperatura más baja puede alcanzar el nivel de saturación sin necesidad de ver modificada su presión de vapor de agua. A partir de ese punto parte del vapor de agua se condensará en estado líquido. La temperatura a partir de la cual se produce esta condensación se denomina punto de rocío (del ambiente considerado).

Así pues, se producirá siempre el fenómeno de la condensación cuando el aire descienda hasta un nivel igual o inferior a su punto de rocío, o cuando el vapor contenido en el aire se encuentre en contacto con un cerramiento u objeto cuya temperatura sea inferior al punto de rocío.

Debido a la diferencia de temperaturas de aire a ambos lados de los cerramientos se produce un movimiento o flujo de calor desde el lado mas caliente al más frío. La magnitud de este intercambio depende directamente de la resistencia térmica que ofrezca dicho cerramiento. Ya que es un aspecto muy importante del Documento Básico Ahorro de Energía (DB-HE), del CTE, en el documento CÁLCULOS se puede ver todo perfectamente detallado, paso a paso y se comprueba que los cerramientos que componen en el edificio cumplen con lo dispuesto en el CTE.

2.5.3. FICHAS JUSTIFICATIVAS

FICHA 1: Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMATICA : D1		ZONA DE BAJA CARGA INTERNA: X		ZONA DE ALTA CARGA INTERNA	
MUROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})					
	TIPOS	A (m2)	U (W/m2K)	A*U (W/K)	RESULTADOS
N	FACHADA	31,06	0,444	13,7906	ΣA= 41,8900
	VUELO	5,78	0,566	3,2715	
	PILARES	1,62	0,664	1,0757	
	CANTO FORJADO 1	1,63	0,759	1,2372	ΣA*U= 21,2524
	CANTO FORJADO 2	1,8	1,043	1,8774	U _{mm} = ΣA*U/ΣA= 0,5073
SE	FACHADA	80,35	0,444	35,6754	ΣA= 89,6200
	PILARES	1,62	0,664	1,0757	
	CANTO FORJADO 1	3,6	0,759	2,7324	ΣA*U= 43,7076
	CANTO FORJADO 2	4,05	1,043	4,2242	U _{mm} = ΣA*U/ΣA= 0,4877
SO	FACHADA	35,38	0,444	15,7087	ΣA= 46,2100
	VUELO	5,78	0,566	3,2715	
	PILARES	1,62	0,664	1,0757	
	CANTO FORJADO 1	1,63	0,759	1,2372	ΣA*U= 23,1705
	CANTO FORJADO 2	1,8	1,043	1,8774	U _{mm} = ΣA*U/ΣA= 0,5014
SUELOS (U _{sm})					
	TIPOS	A (m2)	U (W/m2K)	A*U (W/K)	RESULTADOS
S1	SOLERA 1	16,63	0,482	8,0157	ΣA= 81,32
					ΣA*U= 39,0022
S2	SOLERA2	64,69	0,479	30,9865	U _{sm} = ΣA*U/ΣA= 0,4796
CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (U _{cm}) y (F _{Lm})					
	TIPOS	A (m2)	U (W/m2K)	A*U (W/K)	RESULTADOS
C1	CUBIERTA	155,23	0,343	53,2439	U _{cm} = ΣA*U/ΣA = 0,3430

HUECOS (U _{hm}) y (F _{hm})								
TIPOS		A (m2)	U (W/m2K)	F	A*U (W/K)	A*F	RESULTADOS	
N	V1	8,16	1,54	0,47	12,5664	3,8352	$\sum A=$	10,2600
	PE	2,1	1,56		3,2760	0,0000	$\sum A*U=$	15,8424
							$\sum A*F=$	3,8352
							$U_{mm} = \sum A*U / \sum A=$	1,5441
SE	V4	1,25	1,52	0,46	1,9000	0,5750	$F_{hm} = \sum A*F / \sum A=$	0,3738
							$U_{mm} = \sum A*U / \sum A=$	1,5200
SO	V2	0,94	1,61	0,5	1,5134	0,4700	$F_{hm} = \sum A*F / \sum A=$	0,4600
	P1	6,48	1,5	0,46	9,7200	2,9808	$\sum A=$	10,0700
	V3	2,65	1,45	0,43	3,8425	1,1395	$\sum A*U=$	15,0759
							$\sum A*F=$	4,5903
							$U_{mm} = \sum A*U / \sum A=$	1,4971
							$F_{hm} = \sum A*F / \sum A=$	0,4558

FICHA 2: Conformidad- Demanda energética

ZONA CLIMATICA : D1 ZONA DE BAJA CARGA INTERNA: X ZONA DE ALTA CARGA INTERNA

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		U _{max} (proyecto)	U _{max}
Muros de fachada		0,444	=0,86
Vuelos de fachada		0,566	
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto con el terreno		*	
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables		0,45	=0,64
Suelos		0,482	
Cubiertas		0,333	=0,49
Vidrios de huecos y lucernarios		1,1	=3,5
Marcos de huecos y lucernarios		2,7	
			CUMPLE
Particiones interiores (edificio de viviendas)		*	=1,2

MUROS DE FACHADA		
U _{Mm} .		U _{Mlim}
N	0,5073	=0,66 CUMPLE
SE	0,4877	
SO	0,5014	

HUECOS Y LUCERNARIOS				
U _{Hm} .		U _{Hlim}	F _{Hm} .	F _{Hlim}
N	1,5441	=2,2 CUMPLE	0,3738	*
SE	1,52	=3,5 CUMPLE	0,46	*
SO	1,4971	=3,5 CUMPLE	0,4558	*

SUELOS	
U _{Sm} .	U _{Slim}
0,4796	=0,49 CUMPLE

CUBIERTAS	
U _{Cm} .	U _{Clim}
0,343	=0,38 CUMPLE

FICHA 3: Conformidad- Condensaciones

Cerramiento	U (W/m2K)	f _{Rsi}	f _{RSmin}	Validación
Fachada	0,444	0,889	0,61	OK
Vuelo	0,566	0,859	0,61	OK
Solera1	0,482	0,880	0,61	OK
Solera2	0,479	0,880	0,61	OK
Cubierta	0,333	0,917	0,61	OK
Muro garaje	0,450	0,888	0,61	OK
Pilar	0,664	0,834	0,61	OK
Canto forjado 1	0,759	0,810	0,61	OK
Canto forjado 2	1,043	0,739	0,61	OK

CERRAMIENTOS, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS									
TIPOS	C. SUPERFICIALES		C. INTERSTICIALES						
	f _{RSi} =f _{RSmin}	P _n =P _{sat,n}	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7
Fachada	f _{RSi}	0,889	P _{sat,n}	964,81	968,18	1764,14	1892,14	2171,06	2202,23
	f _{RSmin}	0,61	P _n	912,27	914,61	937,98	938,33	954,69	956,09
Vuelo	f _{RSi}	0,859	P _{sat,n}	892,64	911,35	1667,65	1806,71		
	f _{RSmin}	0,61	P _n	684,25	754,37	777,74	1338,71		
Solera 1	f _{RSi}	0,88	P _{sat,n}	871,01	879,06	901,24	1650,32	1788,11	
	f _{RSmin}	0,61	P _n	713,18	719,03	803,17	826,54	1387,51	
Solera 2	f _{RSi}	0,88	P _{sat,n}	909,39	932,26	1703,05	1844,67		
	f _{RSmin}	0,61	P _n	679,87	764,01	787,39	1348,35		
Muro garaje	f _{RSi}	0,888	P _{sat,n}	1306,46	1433,94	1437,16	1505,42	2000,26	2185,08
	f _{RSmin}	0,61	P _n	992,72	1000,84	1002	1002,17	1002,63	1010,75
Cubierta	f _{RSi}	0,917	P _{sat,n}	2182,71	2294,77	2315,83			
	f _{RSmin}	0,61	P _n	983,11	1261,36	1262,05			
Pilares	f _{RSi}	0,834	P _{sat,n}	892,13	1634,8	1771,46	1899,91	2179,83	2211,11
	f _{RSmin}	0,61	P _n	682,87	706,24	1267,2	1267,55	1283,91	1285,31
Canto forjado 1	f _{RSi}	0,81	P _{sat,n}	930,18	937,01	1711,11	1853,32	1896,02	1970,13
	f _{RSmin}	0,61	P _n	681,82	686,49	709,86	1270,83	1354,97	1361,98
Canto forjado 2	f _{RSi}	0,739	P _{sat,n}	965,49	972,53	1214,36	1319,77	1339,92	
	f _{RSmin}	0,61	P _n	682,72	687,4	734,14	1295,1	1296,51	

2.6.- ESTIMACIÓN DE LA CARGA TÉRMICA DE CALEFACCIÓN

Para mantener constante la temperatura interior de un local calefactado, hay que suministrar en cada instante una potencia calorífica que equilibre las pérdidas de calor que experimenta el local. Estas pérdidas pueden ser:

- Pérdidas por transmisión
- Pérdidas por infiltración o renovación
- Pérdidas por suplementos

2.6.1. PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN

Las pérdidas de calor por transmisión a través de los cerramientos es el factor principal en la determinación de la demanda calorífica de un local.

Las pérdidas por transmisión se producen debido a la existencia de una diferencia de temperaturas entre el interior del local y el ambiente exterior que le rodea o bien entre un local calefactado y otro no calefactado; éstas temperaturas se

mantienen constantes e iguales a los valores de diseño ya comentados. Se crea, por tanto, un flujo de calor en la dirección de la zona de mayor temperatura a la zona con menor temperatura, ya que se tiende al equilibrio térmico. Son las producidas por el escape por convección y conducción de la zona interior a la exterior, atravesando el medio que las separa (techo, suelo, pared, puerta, ventana,...)

Conducción: es debido a la vibración de las moléculas, aumentando su energía interna. La transmisión de calor se hace a través de la materia pero sin flujo de materia, es decir, las partículas de la zona más caliente comunican con su agitación térmica a las de la zona mas fría al chocar con ella y aquellas se propaga hacia las regiones de temperaturas más baja. Se observa preferentemente en sólidos.

Convección: es debido a un movimiento de la materia basado en una diferencia de densidades. Las moléculas calientes remueven hacia un foco frío. Es la transmisión de calor de un punto a otro, mediante un fluido (aire) en circulación.

Depende de la cantidad del cerramiento (dada por la conductividad), de su espesor, de la superficie que ocupa y de la diferencia de temperaturas o salto térmico entre ambas partes y se relacionan de la siguiente manera:

$$Q_t = \sum [U \cdot S \cdot (t_i - t_e)]$$

Donde:

Q_t = Pérdidas de calor por transmisión, en kW.

U = Coeficiente de transmisión térmica (en W/m²K) de los diferentes cerramientos, los cuales fueron ya calculados.

S = Superficie de transmisión de cada uno de los cerramientos (m²).

t_i = Temperatura interior del local, en °C.

t_e = Temperatura exterior, en °C.

En el documento CÁLCULOS se especifican las características de cada uno de los espacios a estudiar.

2.6.2. PÉRDIDAS POR INFILTRACIÓN O RENOVACIÓN

Las pérdidas por renovación constituyen la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura del aire procedente del exterior, de tal forma que éste alcance

la temperatura del habitáculo. Estas pérdidas son producidas principalmente por las infiltraciones de aire a través de puertas y ventanas y pueden ser continuas e involuntarias o bien voluntarias. Esta renovación es indispensable para mantenerlos a unos niveles de humedad y pureza adecuados. Una renovación se considera la sustitución de todo el volumen de aire del cerramiento.

Su valor viene determinado por la expresión siguiente :

$$Q_g = V \cdot C_e \cdot p_e \cdot n \cdot \Delta t$$

Donde:

Q_g = Pérdidas de calor por infiltración o renovación, en kW.

V = Volumen del habitáculo, en m³. Su valor se dará en los sucesivos cuadros de cálculo.

C_e = Calor específico del aire, 0,24 Kcal / Kg°C \approx 1 kJ / kg°C

p_e = Peso específico de aire seco, 1,24 Kg/m³

n = N° de renovaciones de aire por segundo. Su valor se detallará a continuación.

Δt = Diferencia de temperatura entre el exterior y el interior del local, en °C.

Tipo de habitáculo	Renovaciones/hora
Dormitorio	0,5
Baño	1,5
Cocina	1,5
Salón	0,5
Vestíbulo	0,5
Paso	0,5

2.6.3. PÉRDIDAS POR SUPLEMENTOS

Las pérdidas por suplementos se pueden dividir en:

- Pérdidas por orientación

Estas pérdidas son debidas a la exposición que tienen los cerramientos a la radiación solar.

Según las diferentes orientaciones de los cerramientos del edificio, se prevén los siguientes suplementos para el cálculo de las pérdidas totales de calor:

Orientación	Porcentaje aumento Potencia (%)
Norte	15
Sur	0
Este	10
Oeste	10

- Pérdidas por intermitencia de uso

Debido a la intermitencia de uso también se añade un suplemento, ya que por razones de ahorro energético la calefacción no funciona durante las 24 horas del día. Esta interrupción del sistema se realiza cuando la actividad es muy reducida, como en las horas de sueño por ejemplo.

Tipo de habitáculo	Porcentaje aumento Potencia (%)
Dormitorio	10
Baño	20
Cocina	15
Salón	20
Vestíbulo	10
Paso	10

2.7.- SUELO RADIANTE

En este sistema de calefacción los emisores son tuberías instaladas bajo el terrazo del suelo por las que circula agua a una temperatura de 46,55° C con lo que se calefacta la habitación.

2.7.1. MATERIALES Y CARACTERÍSTICAS:

En esta instalación se utiliza tubería de polietileno reticulado para la realización de los circuitos bajo el suelo que sirven de emisores. Este material debe poder aguantar los aditivos derivados del hormigón o del mortero ya que va enterrado en él. También es necesario que sea capaz de absorber la expansión térmica evitando así la formación de grietas en las tuberías o en el hormigón. Las tuberías son del tipo Wirsbo eval pex16x1.8 para el suelo radiante y 32x2.9 para los montantes hasta las cajas de colectores.

2.7.2. ZONIFICACIÓN:

El sistema se construye a partir del deseo de utilizar partes de éste únicamente, sin tener que calefactor toda la casa. Por este motivo se decide zonificar climáticamente el edificio. Se elige como división menor, es decir, como zona climática independiente cada habitación, distribuidor, baño,... Con esta amplia división se quiere dirigir la potencia calorífica a el sitio preciso y así que sea más rápido su calentamiento.

Desde otra perspectiva este modelo va a mejorar el rendimiento de los colectores solares porque al utilizar menos energía, ésta puede ser obtenida de la radiación solar, algo que resultará casi imposible si calentamos toda la casa al mismo tiempo.

Como antes se ha comentado, la distribución a cada zona climática se ha realizado a través de un circuito que es alimentado desde un colector de distribución. Existen dos colectores de distribución, uno por planta.

La apertura o cierre del circuito para cada zona se realiza mandando una señal desde la centralita, la cual controla una electroválvula dispuesta del colector hacia cada circuito.

Existe un pequeño contratiempo en este sistema. Cada circuito tiene una parte de ida y de vuelta que no está en la zona a climatizar sino que conecta ésta con el colector de distribución. Esta peculiaridad hace que en los distribuidores no exista espacio para colocar su zona climática. Para solucionar este problema se contempla que la carga térmica de estos distribuidores se distribuya en habitaciones adyacentes.

2.7.3. TEMPERATURA DEL SUELO:

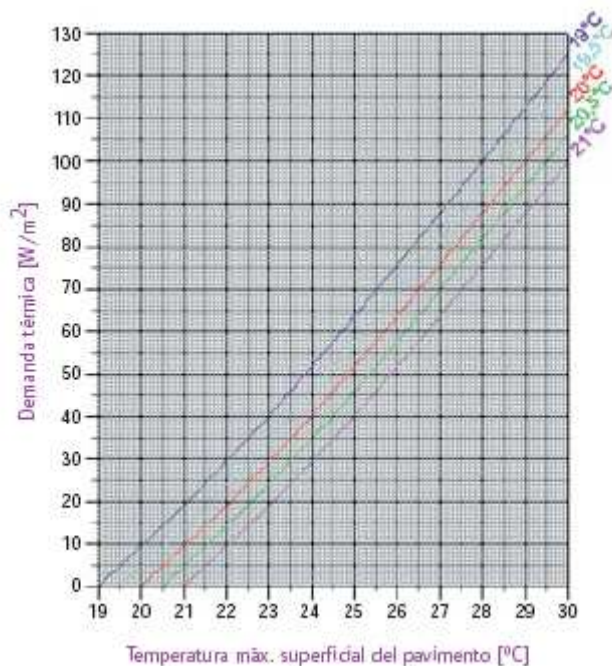
Una de las características principales del suelo radiante es la temperatura a la que se eleva el suelo. Existe un dato proporcionado por la norma UNE EN 1264 en referencia al suelo radiante para que la temperatura no sea desagradable no debe superar los 29° C.

La temperatura media superficial del pavimento (T_{ms}) es función únicamente de la demanda térmica, que a efectos de simplificación de cálculos y en los que sigue consideraremos igual a la carga térmica del local (Q) y de la temperatura interior del diseño del local (T_i). Se calcula de acuerdo a la expresión:

$$Q(W / m^2) = \alpha \cdot (T_{ms} - T_i)$$

α : Coeficiente de transmisión de calor del suelo (W/m^2 °C)

Para determinar esta temperatura se acude al siguiente gráfico, donde muestra las temperaturas máximas superficiales del pavimento (T_s) en función de Q y T_i considerando un paso de 200 mm entre tubos y un salto térmico entre la temperatura de ida y la de retorno de 10° C.



2.7.4. TEMPERATURA DE IMPULSIÓN:

El salto térmico entre el agua de impulsión y el de retorno se fija en 10° C. La magnitud de la temperatura media del agua en las tuberías emisoras (T_{ma}) depende de la demanda térmica del local (Q), la temperatura interior de diseño (T_i) y del coeficiente de transmisión térmica (Ka) según la fórmula :

$$Q [W/m^2] = Ka \cdot [T_{ma} - T_i]$$

El coeficiente de transmisión de calor térmica de la capa sobre tubos [Ka] se calcula aplicando la fórmula:

$$Ka [W/m^2 \text{ } ^\circ C] = 1 / [\sum(e/\lambda) + (1/\alpha)]$$

e = Espesor de la capa [m]

λ = Conductividad térmica del material de capa [$W/m^\circ C$]

α = Coeficiente de transmisión de calor suelo [$W/m^2 \text{ } ^\circ C$]

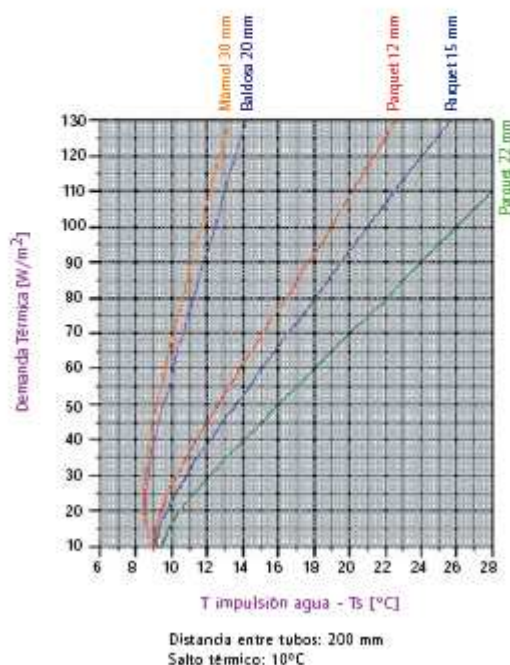
La siguiente figura muestra el grafico que relaciona demanda térmica (Q), la resistencia térmica del pavimento (R) para obtener la temperatura de impulsión

del agua en el circuito correspondiente (T_a) y la temperatura superficial máxima (T_s). (La temperatura de retorno será $T_a - 10^\circ \text{C}$)

Tras el cálculo de todas las T_a de todos los circuitos se seleccionará la mayor parte de ellas.

Las resistencias térmicas de los materiales del pavimento, se encuentra en la siguiente tabla :

Pavimento	Espesor [m]	Resistencia térmica [$\text{m}^2\text{K/W}$]	Pavimento	Espesor [m]	Resistencia térmica [$\text{m}^2\text{K/W}$]
Parquet	0,012	0,09	Baldosa	0,020	0,02
Parquet	0,015	0,11	Mármol	0,030	0,01
Parquet	0,022	0,16	Terrazo	0,015	0,01
Tarima	0,020	0,21	Mosaico	0,025	0,06
Corcho	0,010	0,14	Líndeo	0,002	0,01



2.7.5. PASO DEL SUELO RADIANTE Y SALTO DE TEMPERATURA:

El paso del suelo radiante y el salto térmico se predetermina según el manual de instalación UPONOR. Tras su consulta para la colocación establece para la zona climática D1, es recomendable establecer un paso constante para todas las habitaciones de 200 mm. Con un salto térmico de 10°C .

Tras realizar los cálculos correspondientes a la temperatura del pavimento y del agua, y ver que cumplen la normativa UNE EN 1264 en cuanto a no superar los 29°C en el pavimento y que la temperatura del agua tanto ida como vuelta se sitúe en

un intervalo entre 30 y 45° C, realizaremos los cálculos como indica el manual UPONOR.

2.7.6. CAUDAL DE AGUA POR HABITACIÓN:

El caudal de agua a través de un circuito de calefacción por suelo radiante es función de la potencia térmica emitida, que se supone de un valor idéntico a la carga térmica (Q), y del salto térmico entre la impulsión al circuito y el retorno desde éste.

Como se ha comentado con anterioridad, el salto térmico es una constante de valor 10° C, por lo que el caudal es únicamente función de la carga térmica según la expresión:

$$[Q] = m \cdot C_p \cdot (T_{imp} - T_{ret}) \text{ [Kcal/h]}$$

m = caudal de agua [Kg/h]

C_p = Calor específico del agua [1 Kcal/Kg °C]

$T_{imp} - T_{ret}$ = Salto térmico impulsión – retorno = 10° C

En Q ha de considerarse la potencia térmica emitida por cada circuito incluyendo la emitida en los trayectos desde el local calefactado hasta el colector.

Los cabezales electrotérmicos, gracias a su ciclo de apertura y cierre, permitirán el paso del caudal calculado, De este modo se posibilita la regulación de cada local de forma independiente a todos los demás.

2.7.7. VELOCIDAD DEL AGUA:

La velocidad del agua durante su trayecto por el suelo radiante debe ser limitada para no tener problemas de ruido por la fricción del agua sobre las paredes del tubo. Para ello se controla que la velocidad del agua sea inferior a 2 m/s.

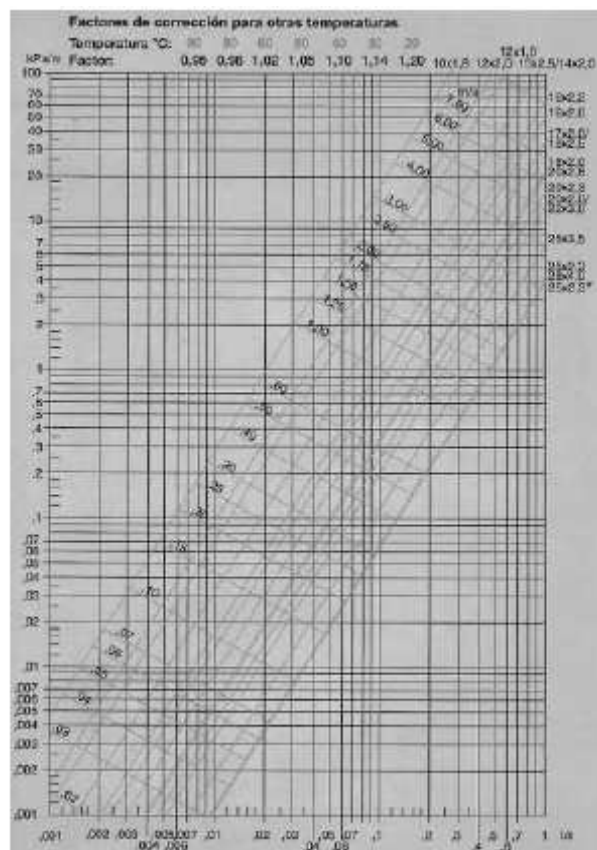
Conociendo el caudal de cada circuito y el diámetro de la tubería wirsbo eval pex de 16 mm, con la siguiente fórmula se calcula :

$$V(m/s) = Q(m^3 / s) / \pi r^2$$

2.7.8. CÁLCULO DE LOS MONTANTES:

Para calcular el diámetro de las tuberías de conexionado entre la sala de calderas y los colectores debe conocerse el caudal circulante, ya calculado. Con ello se entra en el gráfico de pérdidas de carga y se selecciona la dimensión de la tubería UPONOR wirsbo eval pex de acuerdo a un límite de carga lineal que dependerá de la bomba disponible. Normalmente este valor de pérdida de carga se fija en 0,2 KPa/m.

Entrando en el gráfico de pérdidas de carga con 0,1426l/s y Wirsbo-evalPEX 32x2,9 resultan unas pérdidas de carga en tubería de 0,029KPa/m. Entrando con Wirsbo-evalPEX 25 x 2,3 resultan unas pérdidas de carga superiores a 0,2 KPa/m. Manteniendo el criterio arriba planteado escogeremos Wirsbo-evalPEX 32x2,9 como tubería de distribución entre sala de calderas y colector.



2.7.9. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN LOS CIRCUITOS Y DIMENSIONAMIENTO BOMBA DE IMPULSIÓN:

Se debe calcular las pérdidas de carga producidas en cada circuito individualmente. Tras esto, para asegurarnos de que el funcionamiento del suelo radiante es el correcto es fundamental dimensionar una bomba capaz de mover un gran volumen de líquido, por ello la dimensionaremos teniendo en cuenta todas las pérdidas y no sólo la mayor como plantean varios manuales de instalación :

Para ello se empleará la siguiente fórmula :

$$H_B = L_T \times H_{cl} + \sum k ((V^2/2g) + (Z_2 - Z_1))$$

Donde :

L_T : Longitud total del circuito primario

H_{cl} : Pérdidas de carga por metro de tubo

$Z_2 - Z_1$: pérdidas por altura geométrica

K : Factor de pérdida característico de cada elemento.

Para ello se obtiene de la grafica anterior las pérdidas de carga lineal para tubería wirsbo eval pex 16x1,8.

También hay que calcular las pérdidas producidas en el circuito de alimentación y retorno de los colectores del suelo radiante. Se procede de manera similar a la anterior pero para tubo wirsbo eval pex 32x2,9.

$$H_{total(kpa)} = L_{total} \times H_{lineal}$$

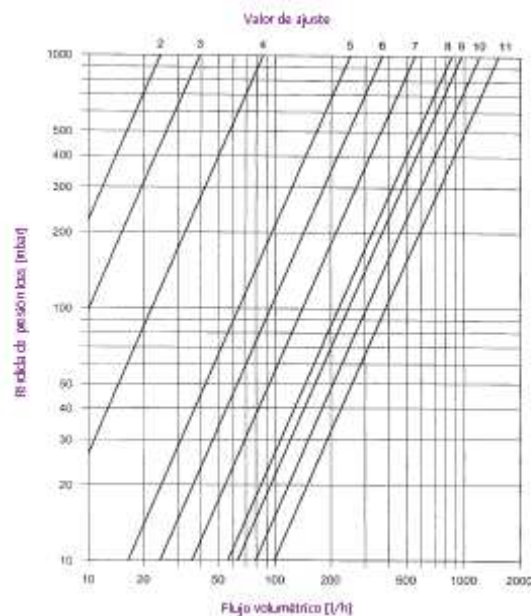
Por último se calculan las pérdidas producidas por la valvulería y colectores. Con todo ello se obtiene la altura de bomba necesaria que colocaremos antes del conexionado del circuito con la entrada de la caldera de apoyo.

2.7.10. EQUILIBRADO DE CADA COLECTOR DE DISTRIBUCIÓN:

Para que una instalación hidráulica funcione bien, es necesario que el circuito esté equilibrado. Es decir, tienen que existir las mismas pérdidas de presión para cualquiera que sea el recorrido del agua porque sino el agua solo realizara el recorrido con menos pérdidas de presión, ya que le resulta mas fácil.

Los colectores de impulsión llevan acoplados detentores, uno por circuito, con el fin de realizar el equilibrado hidráulico de la instalación durante su puesta en marcha. Eso permite igualar las pérdidas en todos los circuitos y el agua bombeada no muestre tendencia a fluir hacia zonas de menor resistencia.

Los detentores permiten la selección de 13 posiciones (desde 0 hasta 12). Para seleccionas una posición de detentor se debe girar la rueda hasta la marca amarilla. El valor de la posición lo determina el caudal y la pérdida de carga del circuito de acuerdo al siguiente grafico. Entrar a la gráfica con el caudal y la pérdida de carga de cada circuito para obtener el número correspondiente al equilibrado. Después girar la rueda del detentor hasta que la marca amarilla coincida con el número seleccionado.



2.7.11. ELECTROVÁLVULAS:

Se realiza un control automático del caudal entrante a cada circuito. Para ello se colocan cabezales electrotérmicos para colectores Uponor Quick&Easy. Estos se

roscan sobre cada salida del colector de retorno en el mismo lugar donde antes se encontraban las llaves de corte manuales.

De este modo se realiza un control del caudal entrante a cada circuito en función de la señal del correspondiente termostato. La colocación de cabezales electrotérmicos en cada salida del colector permite regular independientemente el aporte térmico a cada local calefactado.

2.7.12. CÁLCULO INTERCAMBIADOR:

El agua del suelo radiante necesita un aporte de energía para elevar su temperatura de retorno de 36,55° C a los 46,55° C necesarios en los colectores de ida. Por ello se coloca un intercambiador, de tal manera, que el fluido caloportador del circuito primario de los colectores solares ceda el calor al agua del suelo radiante en este intercambiador.

Para calcular su potencia se emplea la siguiente fórmula y tras ello se selecciona el más adecuado :

$$P = m \cdot C_e \cdot \Delta T$$

Donde:

P: potencia en Kw

m: flujo másico de líquido (l/s)

C_e: calor específico

ΔT: variación de temperatura (°C)

2.7.13. CÁLCULO ELEMENTOS DEL CIRCUITO SUELO RADIANTE:

Se procede a la instalación de bombas de impulsión y vasos de expansión en la aspiración de las anteriores. Se diferencian tres circuitos en el computo global del suelo radiante : circuito 1º colectores-intercambiador, circuito 2º suelo radiante y circuito 1º caldera-suelo radiante.

2.7.13.1. Bombas de impulsión:

Las bombas se colocarán tras el paso por el intercambiador en el circuito de colectores, a la salida del intercambiador en el 2º y a la salida de la caldera. Se calcularán las pérdidas de carga producidas por la disposición física de la instalación, por la circulación del fluido y los diferentes elementos constitutivos del sistema, como se ha realizado con anterioridad en otras bombas instaladas.

Se plantea la ecuación de pérdidas :

$$H_B = L_T H_{cl} + \sum k(v^2/2g) + (Z_2 - Z_1)$$

Se obtendrá la altura de la bomba necesaria y seleccionaremos el modelo adecuado.

-Circuito 1º Colectores: Bomba 2: H=6,144 m. Colocación de bomba e la casa Salvador Escoda modelo BPH120/250.40T.

-Circuito 2º Acumuladores-Consumo: Bomba 4: H= 6,92 m. Colocación de bomba e la casa Salvador Escoda modelo BPH120/250.40T.

-Circuito 1º Caldera-Suelo radiante: Bomba 6: H= 0,032 m. Colocación de bomba e la casa Salvador Escoda modelo VS 8/150.

2.7.13.2. Vasos de expansión :

El cálculo del vaso de expansión del circuito primario correspondiente a los colectores del suelo radiante, se realizara de manera análoga al resto según la norma UNE 100-155 :

$$V_T = V_a * C_e * C_p$$

Donde :

V_t = Volumen total del vaso de expansión

V_a = Volumen del circuito primario

- V colectores
- V bomba

- V intercambiador s

- V tuberías

C_e = Coeficiente expansión del fluido = 0,04

C_p = Coeficiente de presión, que a su vez es igual :

$$C_p = P_M/P_M-PS$$

P_M = Presión de tarado de la válvula de expansión

P_m = Presión del servicio del sistema

- Circuito 1º Colectores. Vaso expansión 2 : $V = 6,40L$. Colocación vaso expansión de la casa salvador Escoda modelo AC 04016, de 8 litros de capacidad.

- Circuito 2º Acumuladores-consumo. Vaso expansión 3 : $V = 3,78L$. Colocación vaso expansión de la casa Salvador Escoda modelo AC 04001 de 5 litros de capacidad.

- Circuito 1º Caldera-suelo radiante. Vaso expansión 6 : $V = 0,06L$. Colocación vaso expansión de la casa Salvador Escoda modelo AC 04001 de 5 litros de capacidad.

2.7.14. OTROS ELEMENTOS PARA MONTAJE SUELO RADIANTE:

a.- Panel aislante en rollo: Las tuberías van colocadas encima de un material de aislamiento que desarrolla un papel clave para conseguir el necesario aislamiento térmico y acústico. Esta recubierto por tres capas exteriores : Papel Kraft + Film aluminio + Film polietileno. Se coloca directamente sobre el forjado y sobre éste el circuito de tubos wirsbo eval pex, que al estar la superficie cuadrículada mejora su adaptación a la superficie.

b.- Grapas de sujeción: Colocadas sobre los tubos para impedir su desplazamiento.

c.- Banda perimetral: Fabricada en un material espumoso cuya finalidad es la de absorber las dilataciones del suelo, además de evitar los puentes térmico y acústicos. Viene provisto de un faldón de estanqueidad para adherirlo al panel aislante.

3. INSTALACIÓN DEL ACS

3.1.- INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la instalación de ACS es que en cada punto de consumo, se disponga en cualquier momento del caudal necesario de agua caliente a la temperatura adecuada.

3.2.- CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES

Se exponen a continuación las distintas clasificaciones de instalaciones de Acs siguiendo diferentes criterios :

- Por el numero de unidades de consumo atendidas : unitarias, individuales y colectivas.
- Por el sistema empleado en la preparación de ACS : instantáneas y de acumulación.
- Por el origen de la energía empleada para preparar el ACS : combustión de combustibles, electricidad, bomba de calor y energía solar.

3.2.1. POR EL NUMERO DE UNIDADES DE CONSUMO ATENDIDAS

- UNITARIAS : si atienden a una única unidad de consumo, como por ejemplo una bañera o un fregadero.
- INDIVIDUALES : si atienden a diversas unidades de consumo pertenecientes a un único usuario.
- COLECTIVAS : si atienden a la demanda originada por varios usuarios distintos.

3.2.2. POR EL SISTEMA EMPLEADO EN LA PREPARACIÓN DE ACS

- INSTANTÁNEAS : cuando se prepara solo el caudal demandado en cada instante.
- ACUMULACIÓN : cuando se prepara una determinada cantidad de ACS, previamente al consumo, que es acumulada en un depósito y posteriormente es distribuida de acuerdo a la demanda.

3.2.3. POR EL ORIGEN DE LA ENERGÍA EMPLEADA

- COMBUSTIÓN DE COMBUSTIBLES : los combustibles pueden ser sólidos, líquidos y gaseosos.
- ELECTRICIDAD : basadas en el efecto Joule.
- BOMBA DE CALOR : consiste en la captación de energía de bajo nivel térmico para elevar posteriormente su temperatura mediante la utilización de ciclos termodinámicos.
- ENERGÍA SOLAR : el origen de la energía es la radiación procedente del sol que llega a la superficie terrestre.

3.3.- SOLUCIÓN ADOPTADA

La solución adoptada para la obtención de agua caliente sanitaria es una instalación individual que empleara como sistema de preparación un depósito acumulador y como origen de la energía la radiación solar. Ya que la energía solar no es capaz de cubrir por si sola el 100% de las necesidades energéticas requeridas (porque se trata de una energía difusa e intermitente) es preciso disponer de una fuente de energía auxiliar si se desea asegurar la continuidad en la disponibilidad de ACS en los periodos sin sol y, especialmente, en invierno.

Por tanto, la misma caldera empleada en la instalación de calefacción por suelo radiante será el apoyo necesario (energía auxiliar) a la instalación solar. Por tanto, como ya se sabe, la potencia de la caldera será tal que pueda cubrir la carga térmica de la instalación de calefacción y las necesidades energéticas debidas al ACS.

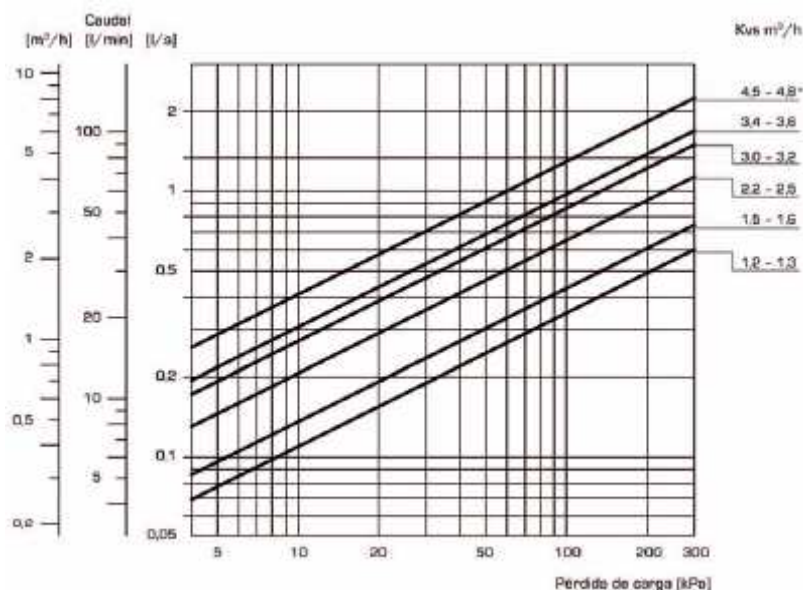
3.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN :

La instalación de ACS consta de tres circuitos diferentes: Dos primarios para colectores y un secundario de acumulación y distribución de agua caliente.

- Circuito primario solar: es aquel que absorbe la energía solar en los colectores solares. Consta de una primera zona donde el fluido caloportador entra en un acumulador (el acumulador primario) donde cede el calor al agua de consumo calentándola y luego retoma a los colectores solares para volver a recuperar su temperatura inicial. La circulación del fluido se realiza por medio de una bomba de impulsión la cual a su vez en la aspiración posee un vaso de expansión.
- Circuito secundario: se compone del ya mencionado acumulador primario de una capacidad de 300 l., de otro acumulador secundario de 160 l. donde se produciría una nueva aportación calorífica por medio de la caldera si fuera necesario y partiría hacia los puntos de consumo.
- Circuito primario caldera: este actúa sobre el acumulador secundario calentando agua por medio de la combustión de gasoil y consta también de una pequeña bomba de impulsión y un vaso de expansión.

3.4.- DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE ACS

Para determinar los diámetros de la tubería a instalar, basta con conocer el caudal y la velocidad de flujo. Con ambos datos se acude a la siguiente gráfica de donde se obtiene el diámetro y las pérdidas de carga final.



El agua caliente sanitaria se almacena progresivamente en dos acumuladores conectados en serie. El agua debe llegar a los puntos de consumo a una temperatura de 55° C pero pueden suceder dos casos:

- Las placas solares no sean capaces de calentar suficientemente el agua y deba actuar la caldera de apoyo en el acumulador secundario.
- El agua al salir hacia los puntos de consumo en el segundo acumulador tenga una temperatura excesivamente alta (60 ó 70° C). De tal manera que una válvula de tres vías conectada a la red de agua fría regulada por una sonda de temperatura, evitará posibles riesgos de quemaduras.

3.5.- DEPÓSITOS DE ACUMULACIÓN

Se recurre a la utilización de un depósito de acumulación para así aprovechar más la energía solar. Es decir, la energía solar que se obtiene en un momento determinado se acumula en el depósito como agua caliente, para utilizarla en el momento que se demande en la casa.

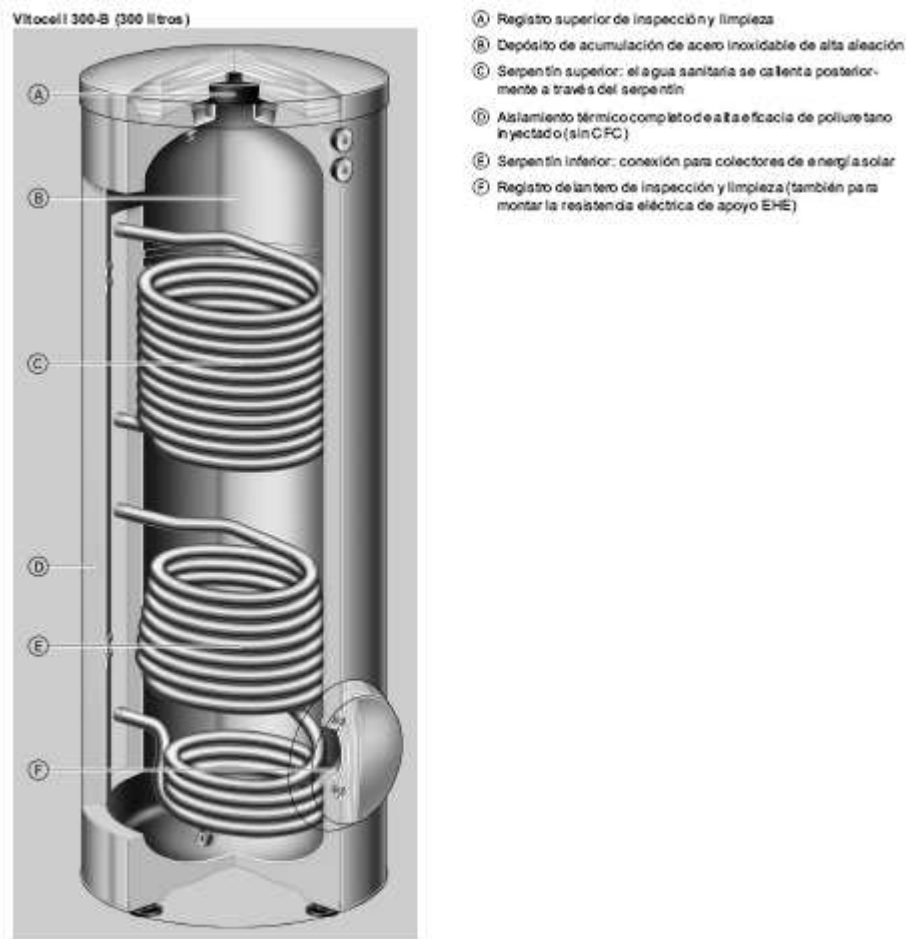
También tiene otra ventaja, ya que al poder acumular ACS la potencia de la caldera que se instalara será menor ya que no tiene que abastecer los momentos de consumo máximo en el día. En esos momentos el agua acumulada abastecerá la demanda puntual y la caldera poco a poco volverá a generar agua caliente sanitaria.

3.5.1. ACUMULADOR PRIMARIO:

Es el que recibe el aporte calorífico de los colectores. El volumen de acumulación depende de la demanda diaria necesaria. Como es de 180l/día, escogemos un acumulador de 300 l. de capacidad, de la casa Viessman modelo Vitocell 300B- EVB.

Están fabricados en chapa de acero inoxidable para evitar problemas de oxidación y corrosión, y garantizar una larga vida del depósito.

No precisa ánodo de magnesio como medida suplementaria para evitar la corrosión.



Capacidad del interacumulador		300		500	
Serpentin		Superior	Inferior	Superior	Inferior
Número de registro DIN		0100V03-10MC			
Producción continua					
Con una producción de A.C.S. de 10 a 45 °C y una temperatura de impulsión del agua de calefacción de ... para los caudales de agua de calefacción que se indican debajo	90 °C	KW	80	93	80
		V/h	1965	2285	1965
	80 °C	KW	64	72	64
		V/h	1572	1769	1572
	70 °C	KW	45	52	45
		V/h	1106	1277	1106
Con una producción de A.C.S. de 10 a 60 °C y una temperatura de impulsión del agua de calefacción de ... para los caudales de agua de calefacción que se indican debajo	90 °C	KW	28	30	28
		V/h	688	737	688
	80 °C	KW	15	15	15
		V/h	368	368	368
	70 °C	KW	74	82	74
		V/h	1273	1410	1273
Con una producción de A.C.S. de 10 a 60 °C y una temperatura de impulsión del agua de calefacción de ... para los caudales de agua de calefacción que se indican debajo	80 °C	KW	54	59	54
		V/h	929	1014	929
	70 °C	KW	35	41	35
		V/h	602	705	602
Caudal de agua de calefacción para las producciones continuas indicadas		m³/h	5,0	5,0	5,0
Superficie de apertura máxima conectable Vitocel		m²		10	15
Potencia máx. conectable de una bomba de calor con 55 °C de temperatura de impulsión del agua de calefacción y 45 °C de temperatura de A.C.S.		KW		12	15
Con el caudal de agua de calefacción especificado (ambos serpentines conectados en serie)					
Aislamiento térmico			Poliuretano inyectado	Espuma blanda de poliuretano	
Consumo por disposición q _{ges} (índice normalizado)		kWh/24 h		1,17	1,37
V _{max} (Volumen: parte de disposición de servicio)		l		149	245
V _{sol} (Volumen: circuito solar)		l		151	255
Dimensiones					
Longitud a	– Con aislamiento térmico	mm		633	923
	– Sin aislamiento térmico	mm		–	715
Anchura b	– Con aislamiento térmico	mm		704	974
	– Sin aislamiento térmico	mm		–	914
Altura c	– Con aislamiento térmico	mm		1779	1740
	– Sin aislamiento térmico	mm		–	1667
Medida de inclinación	– Con aislamiento térmico	mm		1821	–
	– Sin aislamiento térmico	mm		–	1690
Peso con aislamiento térmico		kg		114	125
Volumen de agua de calefacción		l	11	11	15
Superficie de transmisión		m²	1,50	1,50	1,45
Conexiones					
Serpentines		R		1	1½
Agua fría, agua caliente		R		1	1½
Conducto de recirculación		R		1	1½

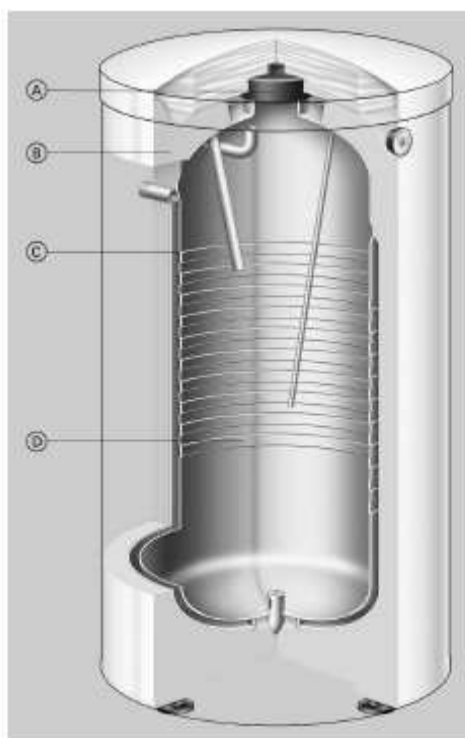
3.5.2. ACUMULADOR SECUNDARIO:

Conectado en serie tras el primero, su función es la de recibir un segundo aporte calorífico, si fuera necesario, por parte de la caldera. Por ello, se elige un acumulador de 160 l. de capacidad de la casa Viessman modelo Vitocell 300W EVA.

Sus principales ventajas son :

- Larga vida útil gracias a un depósito de acumulación resistente a la corrosión de acero inoxidable de una alta aleación de primera calidad.
- Altamente higiénico y compatible con los alimentos gracias a la alta calidad de la superficie interna.
- No se precisa ánodo de protección como medida suplementaria contra la corrosión, evitando así costes adicionales.

- Calentamiento de todo el volumen de agua a través de superficies de transmisión que llegan hasta el fondo del intercambiador.
- Máximo confort del ACS gracias a calentamiento rápido y uniforme mediante superficies de transmisión de grandes dimensiones.
- Bajas pérdidas de calor mediante aislamiento térmico completo de alta eficacia (sin CFC).



- | | |
|--|--|
| Ⓐ Registro de inspección y limpieza | Ⓒ Superficie de transmisión de acero inoxidable de alta aleación |
| Ⓑ Aislamiento térmico completo (sin CFC) | Ⓓ Depósito de acumulación de acero inoxidable de alta aleación |

Datos técnicos Vitocell 300-W (modelo EVA)

Datos técnicos

- Vertical situado al lado de la caldera.
- Con calentamiento exterior, de acero inoxidable de alta aleación.

(Para más datos, véanse los Datos técnicos del Vitocell 300-V que vienen por separado)

Volumen	l	160	200
Nº registro DIN		0166/04-10 MC	
Conexiones			
Impulsión y retorno del agua de calefacción	R	1	1
A.C.S. y agua fría	R	¾	¾
Conducto de recirculación	R	½	½
Presión de servicio adm.			
– En el circuito primario de caldera	bar	3	3
– En el circuito secundario de A.C.S.	bar	10	10
Temperaturas admisibles			
– En el circuito primario de caldera	°C	110	110
– En el circuito secundario de A.C.S.	°C	95	95
Consumo por disposición*1 q ₀₂ con una diferencia de temperatura de 45 K	kWh/24 h	1,40	1,60
Dimensiones			
Longitud (∅)	mm	633	633
Anchura	mm	667	667
Altura d	mm	1203	1423
Peso	kg	84	98

Su conexionado al circuito se realizará con los siguientes elementos:

- Entrada de ACS y agua fría macho ¼”
- Entrada y salida caldera 1” macho
- Recirculación ACS ½” macho

3.6.- BOMBAS DE IMPULSIÓN

En una instalación de ACS son necesarias las colocación de tres bombas de impulsión:

- Una para circuito primario haciendo circular el fluido caloportador de los colectores al acumulador y retornar a los primeros.
- Otra en el circuito de la caldera para llegar el aporte calorífico necesario al acumulador secundario.
- Y una a la salida del acumulador secundario para distribuir el agua caliente a los distintos puntos de consumo.

Para dimensionar las tres se procederá de la misma manera, calculando las pérdidas debidas a la longitud de la tubería y la fricción del fluido en ella, a la

altura que deben salvar y a los distintos elementos de valvulerías que ofrecen resistencia al paso del fluido. La formula general es la siguiente:

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + H + H_B$$

Y de aquí despejamos la altura de la bomba con la cual se elegirá el modelo a instalar:

$$H_B = L_T \times H_d + \sum k \frac{V^2}{2g} + (Z_2 - Z_1)$$

- Circuito 1º Colectores. Bomba 1. H= 6,135 m. colocación bomba de la casa Salvador Escoda modelo BPH 120/250.40T.
- Circuito 2º Acumuladores-consumo. Bomba 3. H= 3,63 m. colocación bomba de la casa Salvador Escoda modelo VS 35/150.
- Circuito 1º Caldera-ACS Bomba 5. H= 0,0033 m. colocación bomba de la casa Salvador Escoda modelo VS 8/150.

3.7.- VASOS DE EXPANSIÓN

Al tratarse de una instalación cerrada la utilización de vasos de expansión es fundamental para contener las dilataciones del agua sin que provoquen ninguna rotura o movimiento en la instalación.

Existen dos tipos de vasos: los abiertos y los cerrados. En este caso se utilizaran los vasos de expansión cerrados.

Para el buen funcionamiento del vaso, el cálculo de su volumen es muy importante, ya que debe ser capaz de corregir las ondulaciones de volumen que sufre por la variación de temperatura.

Se realizará atendiendo a la normativa UNE 100-155, donde se procede de la siguiente manera:

$$V_t = V_a \times C_e \times C_p$$

Donde :

V_t = Volumen total del vaso de expansión

V_a = Volumen del circuito secundario

C_e = Coeficiente expansión del fluido (agua 55° C)

C_p = Coeficiente de presión, que a su vez es igual :

$$C_p = P_M / (P_M - P_m)$$

P_M = Presión de tarado de la válvula de expansión

P_m = Presión de servicio del sistema

También se tendrá en cuenta que normalmente el volumen del vaso de expansión no debe ser mayor a un 10% del volumen total de la instalación en la cual va a actuar.

Se colocarán tres vasos de expansión situados en la aspiración de las tres bombas de impulsión.

- Circuito 1º Colectores. Vaso de expansión 1. $V = 1,304$ l. Colocación vaso expansión de la casa Salvador Escoda modelo AC 04001 de 5 litros de capacidad.

- Circuito 2º Acumuladores-consumo. Vaso de expansión 3. $V = 1,003$ l. Colocación vaso expansión de la casa Salvador Escoda modelo AC 04001 de 5 litros de capacidad.

- Circuito 1º caldera-ACS. Vaso de expansión 5. $V = 0,06$ l. Colocación vaso expansión de la casa Salvador Escoda modelo AC 04001 de 5 litros de capacidad.

4. INSTALACIÓN SOLAR

4.1.- INTRODUCCIÓN

La actividad humana en general y más particularmente en su aspecto energético, esta presidida por la actuación pasada o presente del sol. El aprovechamiento energético del sol de forma natural o artificial es una constante en nuestra cultura agrícola, urbana, industrial,...

La energía solar como fuente energética presenta como características mas peculiares las siguientes:

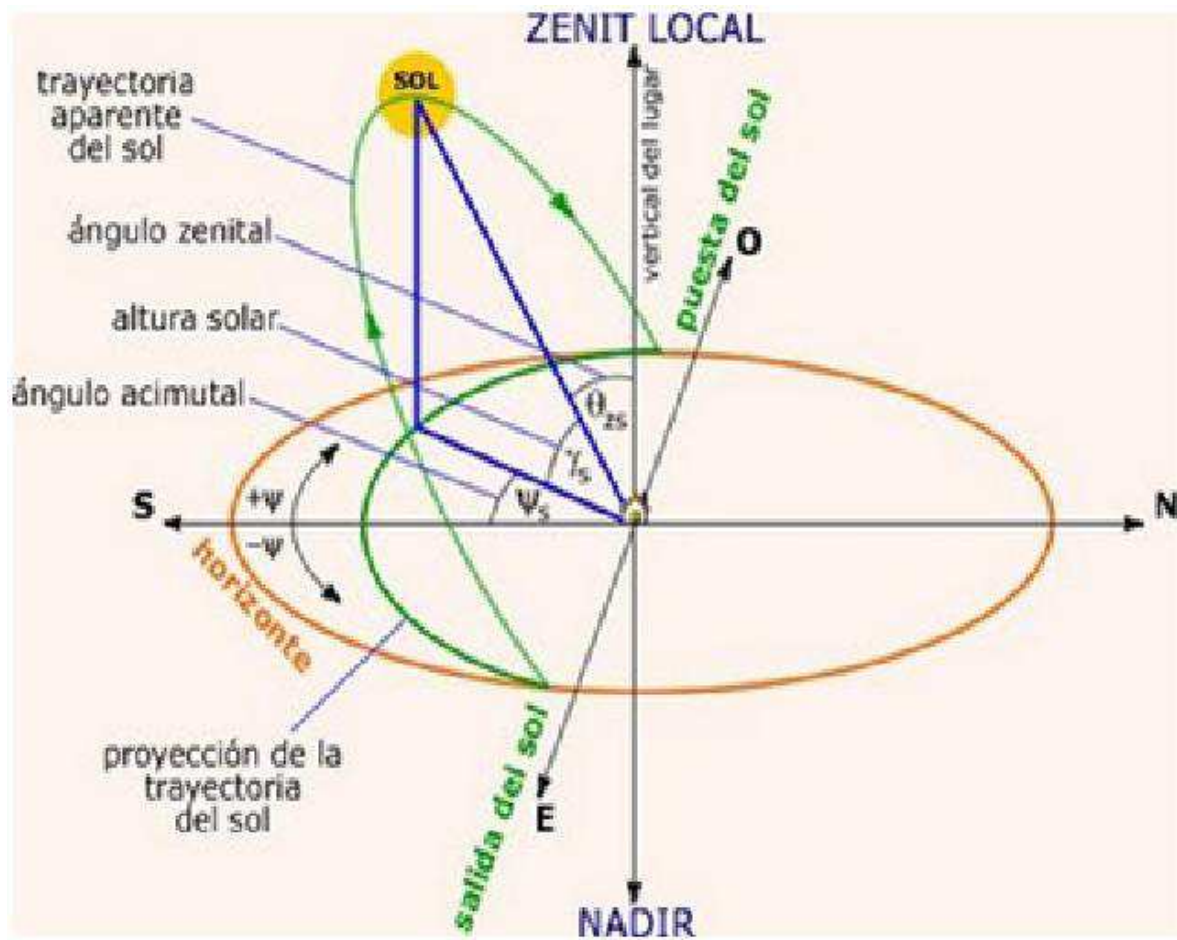
- Elevada calidad energética.
- El impacto ambiental es nulo: la energía solar no produce desechos ni residuos, basuras, humos, polvos, vapores, ruidos, olores,...
- Es una fuente de energía inagotable, por su magnitud y porque su fin será el fin de la vida en la Tierra.
- Se produce en el mismo lugar donde se consume, no necesita transformadores ni canalizaciones subterráneas ni redes de distribución a través de las calles.

No sería racional no intentar aprovechar, por todos los medios técnicamente posibles, esta fuente de energía gratuita, que puede liberar definitivamente de la dependencia del petróleo o de otras alternativas poco seguras.

4.2.-FACTORES INFLUYENTES EN LA RADIACIÓN SOLAR

4.2.1. Posición de la tierra respecto al sol:

Debido a la inclinación del eje de rotación de la tierra con respecto al plano de su orbita alrededor del sol y su forma esférica, un mismo punto de la superficie terrestre recibe, según la época del año, los rayos con una inclinación diferente y, por tanto, la energía efectiva que incide en un metro cuadrado de superficie horizontal varia considerablemente.



En invierno los rayos de sol caen con un ángulo pequeño respecto de la horizontal, lo contrario que en verano, en que el ángulo es mucho mayor, llegando a alcanzar perpendicularidad en las zonas cercanas al ecuador y en los momentos centrales del día. Por esta razón, la energía total incidente es mucho mayor en verano que en invierno y, si se considera la energía incidente en un determinado periodo de tiempo (hora por ejemplo) también es mucho mayor en las horas centrales del día (alrededor del mediodía) que en las horas cercanas al amanecer o al anochecer.

En primavera y en verano el arco de la trayectoria solar es más grande, el sol se eleva más sobre el horizonte y permanece más tiempo brillando en el cielo (esto considerando al sol el que realiza el movimiento alrededor de la tierra, que a efectos prácticos es lo mismo). Por el contrario, en invierno los puntos del horizonte por donde sale y se oculta están más próximos entre sí, la trayectoria es más corta y menos elevada, y el tiempo (duración del día solar) que transcurre entre el amanecer y la puesta del sol es mucho menor.

Lógicamente, cuanto mayor es la duración del día solar, mas cantidad de energía se podrá recoger a lo largo del día.

Otro factor incluso más importante es el hecho de que cuanto menos elevada sea la trayectoria solar, con menor ángulo incidirán los rayos con respecto al suelo horizontal y la intensidad será menor.

4.2.2. EL CLIMA:

La mayor o menor cantidad de energía que llega a la superficie también viene determinada por otro factor importante como es la nubosidad existente en la zona. Las nubes absorben la mayoría de la energía solar, reflejándola por su parte superior y devolviéndola al espacio. En un típico día cubierto, la energía que pasa la capa de nubes es una pequeña fracción de la que llegaría a la superficie si el cielo estuviese despejado.

Como se puede ver, la energía recogida en un día a finales de otoño o principios del invierno es mucho menos que en un día a finales de primavera o principios de verano.

También es importante para los colectores planos destinados al calentamiento de ACS la temperatura media del aire y la velocidad del viento, aunque en menor medida.

Por tanto, las condiciones climáticas son el factor más importante a la hora de evaluar las posibilidades que tiene una instalación solar.

4.2.3. LA ATMÓSFERA:

La energía solar incidente en una superficie terrestre se manifiesta de tres maneras diferentes:

- Radiación directa: la que proviene directamente del sol.
- Radiación difusa: la recibida de la atmósfera como consecuencia de la dispersión de parte de la radiación del sol en la misma. Esta energía puede suponer aproximadamente un 15% de la radiación global en los días soleados aunque este número aumenta en los días nublados en los que la radiación directa es muy baja.

- Radiación reflejada: aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie.

La suma de estos tres tipos de radiación se denomina radiación global y es la energía que se puede aprovechar.

4.3.- RADIACIÓN SOLAR SOBRE SUPERFICIE PLANA

La radiación solar incidente sobre una superficie plana depende de los siguientes parámetros :

- Orientación de la superficie.
- Inclinación de la superficie.
- Latitud del lugar.
- Día del año.
- Hora del día.
- Estado climatológico.

Los tres últimos parámetros de han descrito detalladamente en el apartado anterior.

Los colectores han de orientarse hacia el ecuador (que significa hacia el Sur en el hemisferio Norte y hacia el Norte en el hemisferio Sur) ya que de esta forma se aprovecha el máximo de horas de sol. Desviaciones de $\pm 20^\circ$ respecto de la orientación Sur no afectan de manera notable al rendimiento de la instalación.

La inclinación esta íntimamente ligada con la latitud del lugar. La experiencia ha demostrado que es aconsejable una inclinación aproximadamente igual a la latitud del lugar, tolerándose desviaciones de $\pm 10^\circ$ en función de la época del año en que se desee favorecer la captación. Así, una inclinación mayor favorecería la incidencia de los rayos en los meses invernales y una menor favorecería en primavera y en verano.

4.4.- SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR : EL COLECTOR

Los sistemas de captación y aprovechamiento solar son todos aquellos dispositivos destinados a convertir la energía proveniente del sol en energía útil. El colector solar es el elemento principal de una instalación solar. Éste se encarga de

captar la radiación solar incidente y transformarla en calor, que se cede al fluido caloportador.

4.4.1. CLASIFICACIÓN:

Los colectores solares se clasifican en:

- Colectores solares con concentración: aquellos que aumentan la intensidad de la radiación solar incidente mediante la concentración previa de los rayos solares. Requieren una orientación permanente hacia la posición del sol, y por tanto, deben estar dotados de un mecanismo automático preciso. Solamente se utilizan cuando se requieren temperaturas a partir de 70° C.
- Colectores solares sin concentración: aquellos que utilizan la radiación solar con la misma intensidad con la que incide naturalmente. Normalmente no se alcanzan temperaturas superiores a los 80° C.

A su vez se clasifican en:

- Colectores sin cubierta: el elemento absorbedor es el propio cuerpo del colector. Recomendables solamente para instalaciones que no requieran temperaturas superiores a 35° C, como el calentamiento de piscinas por ejemplo.
- Colectores con cubierta: las temperaturas de trabajo oscilan entre los 30 y los 90° C. Destacan los colectores de placa plana, que emplean como absorbedor una placa plana y los colectores de vacío en los que el absorbedor está formado por tubos de vidrio de los que se ha extraído el aire. Es el único capaz de proporcionar (sin concentración) temperaturas de unos 70° C. Son más caros que los anteriores y sólo se utilizan cuando la temperatura necesaria sea de más de 60° C.

4.4.2. MODELO ELEGIDO:

El gran auge que están sufriendo las energías renovables en la actualidad, y de forma muy destacada dentro de ellas la energía solar térmica, hace que estén surgiendo multitud de nuevos fabricantes y empresas emergentes dentro de este

sector pero que no poseen gran experiencia y por tanto, confiar en ellos seria correr un riesgo innecesario ante un proyecto de semejante envergadura. Debido a este problema, se ha optado por la elección de un fabricante reconocido como es SOLARHART.

Solahart Internacional PTY, LTD es el mayor fabricante de sistemas compactos por termosifón en circuito cerrado y captadores solares planos para circulación forzada, exportando sus productos a más de 120 países. El rendimiento y eficacia de sus productos está garantizado por pruebas oficiales y homologaciones en varios países de la CEE, Japón y U.S.A. y ha obtenido la Certificación Internacional ISO 9001.

Para la obtención de agua caliente sanitaria se emplearan colectores de placa plana, de la marca Solarhart modelo M para el montaje en cubiertas planas, inclinadas, para integración en cubiertas y para montaje en estructuras de apoyo.

Es el tipo de colector que se ajusta perfectamente a las necesidades requeridas para el calentamiento de ACS : el fabricante nos expone las siguientes ventajas que presenta :

- Máxima fiabilidad y larga vida útil gracias al uso de materiales de primera calidad y resistentes a la corrosión como el acero inoxidable, aluminio, cobre y vidrio solar especial.
- Elevado rendimiento gracias al absorbedor con recubrimiento de titanio, a la tubería integrada y al aislamiento térmico de gran eficacia.
- Peso reducido, asas y dimensiones adecuadas para cargarlo fácilmente hasta el techo.
- Tiempo de instalación muy reducido gracias al eficaz sistema de empalme para interconectar varios colectores en una batería de colectores. No es necesario otras tuberías ni aislamiento térmico abundante, ya que la impulsión y el retorno solar se han conectado a un mismo lado para facilitar el montaje.
- Instalación universal: sobre cubiertas inclinadas, integrados en la cubierta y sobre estructura de apoyo en cubiertas planas.
- Tamaños de colector : 1,8 m².

Las placas tienen las siguientes características:

DATOS TÉCNICOS ESPECÍFICOS DEL CAPTADOR "M"

Medidas del captador	Dimensiones totales (mm)	1937 x 1022 x 84
	Tamaño del cristal (mm)	1926 x 1011 x 3.2
	Ventana de apertura (mm)	1905 x 985
	Área de apertura (m ²)	1.87
	Área útil (m ²)	1.80
	Relación Apertura / Área	0.963
	Peso en vacío (Kg)	31.5
Conexiones del captador	Peso lleno (Kg)	34.5
	Material	Acero dulce.
	Tamaño de la rosca	20 mm (¾" BSP).
	Tipo de conexión	Conos revestidos de teflón.
	Torsión máxima	33 Nm.
Carcasa	Conexión	12.7 OD (½").
	Tipo	Aluminio doblado.
	Material	Aluminio H3004 templado H32 0.7 mm.
	Orificios de drenaje y ventilación	Orificios de 4 mm en cada esquina.
Cristal		
	Tipo	1 capa de cristal templado bajo en hierro.
	Contenido en hierro	Contenido máximo 0.04%
	Transmitancia	Transmitancia mínima solar 94%
Aislamiento	Peso (Kg)	16 Kg.
	Material aislante	Poliéster gris
	Densidad aislante posterior (Kg/m ³)	10
	Grosor aislante posterior (mm)	55
	Densidad borde aislante (Kg/m ³)	23
	Grosor borde aislante (mm)	13
Sellado cristal / bandeja	Valor de aislamiento (W/m. ² C @ 23°C)	R 1.0 conductividad térmica 0.059
	Material	Espuma de PVC. Adhesivo acrílico.
	Bajo sellado (mm)	12 x 3.2
	Encima del sellado (mm)	18 x 1.6
Adornos del cristal		
	Material	Aleación de aluminio extruido 6060 templado T5.
Medidas del absorbedor	Tamaño (mm)	19 x 19 x 1.2
	Material de la placa	Cobre.
	Material del tubo	Cobre C.
	Tamaño por encima de conexiones (mm)	1019
	Centros de conexión (mm)	1875
	Área de absorción neta (m ²)	1.86
	Diámetro del colector lateral (mm)	25
	Número de canales	6
	Tamaño de los canales (mm)	12.7 O.D. x 0.71
	Presión de trabajo máxima (kPa)	1400
	Volumen (litros)	3
Acabado del absorbedor	Última capa	Cromo negro.
	Preparación	Níquel electroplateado.
	Absortancia	0.93 (± 0.05).
	Emitancia	0.12 (± 0.02).

4.4.3. COMPONENTES PRINCIPALES DEL COLECTOR:

Los componentes principales del colector plano son los siguientes:

- Cubierta.
- Absorbedor.
- Aislamiento.
- Carcasa o caja.

4.4.3.1. Cubierta :

Las principales funciones que debe cumplir son:

- Obtener el efecto invernadero, es decir, permitir la entrada de la radiación solar incidente, de pequeña longitud de onda, e impedir la

salida de la energía radiada por la placa absorbidora al calentarse, de gran longitud de onda.

- Proteger el absorbedor y el aislamiento térmico dentro de la carcasa contra todo efecto nocivo del medio ambiente.

Aunque se han comercializado colectores con más de una cubierta y de materiales plásticos, lo más habitual es que sea una única superficie de vidrio. La utilización de dos cubiertas mejora el rendimiento pero sin embargo es más caro y complican la configuración del colector aumentando su peso. Este incremento del rendimiento no compensa los inconvenientes señalados y la solución normal es acudir a una cubierta única.

4.4.3.2. *Absorbedor :*

Su misión es absorber de la forma mas eficiente posible la radiación solar y transformarla en energía térmica utilizable mediante su transferencia al fluido caloportador.

La superficie captadora debe presentar una alta absorbancia de la radiación solar y baja emitancia. Estas superficies se suelen denominar selectivas y tienen por objeto aumentar la ganancia solar y reducir las pérdidas térmicas en el interior del colector.

La placa captadora está constituida normalmente de material metálico y las más ampliamente utilizadas son de acero y fundamentalmente de cobre. La placa captadora de cobre presenta unas muy buenas características térmicas pero su precio es sensiblemente más elevado. También se fabrican placas captadoras de aluminio y de acero inoxidable, éste último con excelentes cualidades de funcionamiento y durabilidad.

El recubrimiento superficial tiene una gran importancia en el comportamiento puntual inicial del colector, pero además debe presentar gran resistencia a la degradación que es motivada fundamentalmente por la radiación ultravioleta, temperaturas altas, humedad, etc. Los tratamientos superficiales selectivos más comúnmente utilizados en colectores solares se realizan con sustancias tales como el cromo y el níquel negro. Debe tenerse en cuenta que aplicar un tratamiento superficial que se pueda denominar “selectivo” con propiedad, es complicado en su ejecución y no todos los colectores que se comercializan lo incorporan.

4.4.3.3. Aislamiento :

El colector debe incorporar materiales aislantes tanto en el fondo del colector, bajo la superficie absorbente, como en los laterales con el fin de reducir las pérdidas de calor desde el absorbedor hacia la carcasa.

Los materiales más usados son la fibra de vidrio, la espuma rígida de poliuretano y el poliestireno expandido. Cualquiera que se el material elegido debe tener además una baja conductividad térmica, un coeficiente de dilatación compatible con los demás componentes del panel solar y resistencia a la temperatura.

Es conveniente incorporar una lámina reflectante en la cara superior del aislante para evitar su contacto y reflejar hacia la placa absorbente la radiación infrarroja emitida por éste.

4.4.3.4 Carcasa :

Es el elemento que recoge el resto de los componentes del colector dándole la rigidez y estanqueidad necesarias al conjunto, aunque también puede ser de material plástica, lo usual es que sea metálica. En cualquier caso debe cumplir los siguientes requisitos :

- Rigidez y resistencia estructural que asegure su estabilidad dimensional.
- Estanqueidad.
- Resistencia a la intemperie.

4.4.4. FUNCIONAMIENTO:

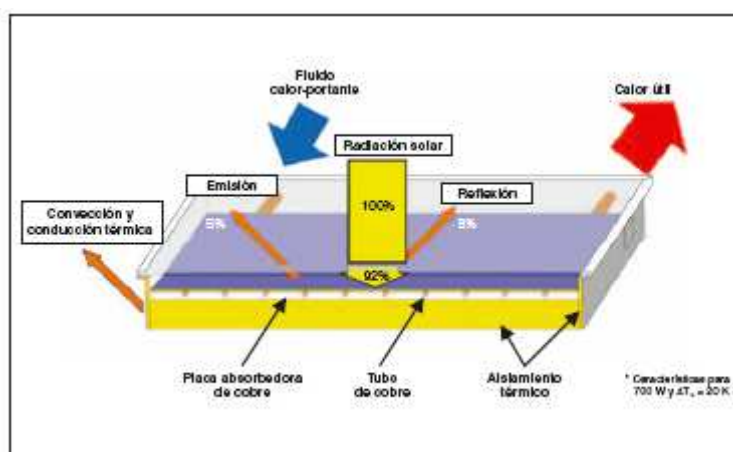
4.4.4.1. Funcionamiento general:

La radiación electromagnética que incide sobre la cubierta transparente del colector solar puede ser total o parcialmente absorbida. Otra parte puede reflejarse, y una tercera, atravesarlo.

Después de atravesar la cubierta, la radiación llega a la superficie del absorbedor, en donde se efectúa la conversión de energía electromagnética en térmica. El absorbedor se calienta y emite a su vez radiación.

La radiación emitida por el absorbedor y devuelta hacia el vidrio de la cubierta es reflejada en un pequeño porcentaje por la superficie interior de dicho vidrio, pero el resto es absorbido, no consiguiendo escapar al exterior. Ahora es el propio vidrio quien se calienta y comienza también a emitir radiación. Aproximadamente la mitad de esa radiación se emite al exterior, perdiéndose, pero la otra mitad vuelve al interior y contribuye así a calentar aún más la superficie del absorbedor. Es éste último fenómeno lo que se conoce como **efecto invernadero**.

Como resumen, se representa el diagrama de flujos energéticos típico de un colector plano.



4.5.- INSTALACIONES BÁSICAS

Las instalaciones solares se pueden clasificar atendiendo a diversos criterios como son:

- El principio de circulación.
- El sistema de transferencia de calor.
- El sistema de expansión.
- La aplicación.

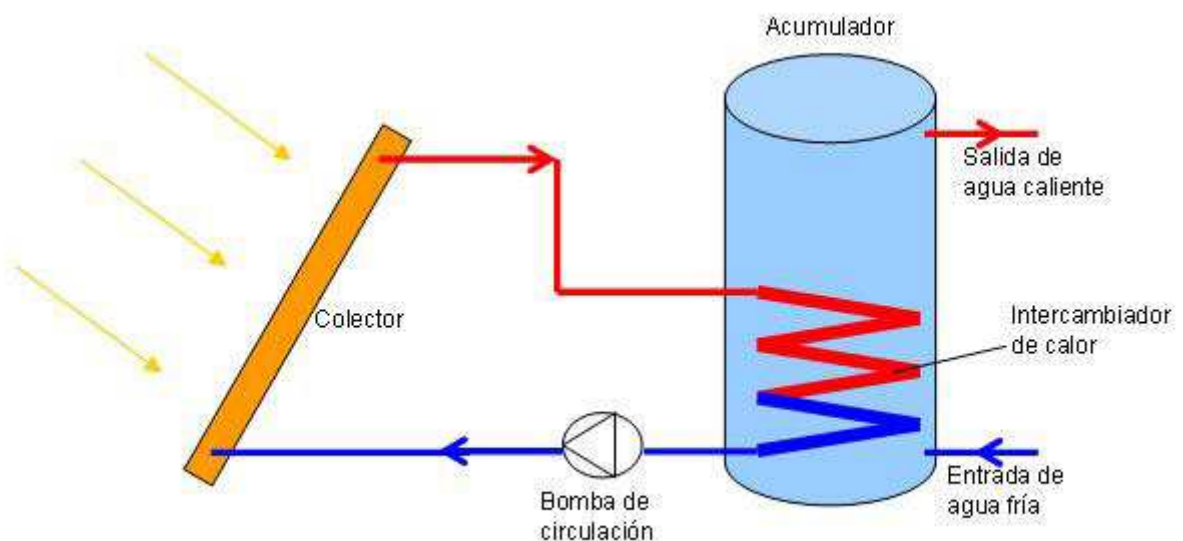
4.5.1. PRINCIPIO DE CIRCULACIÓN

Según el principio de circulación empleado para mover el fluido a través del circuito se clasifican en :

- **INSTALACIONES POR TERMOSIFÓN O CIRCULACIÓN NATURAL:** son aquellas en las que el fluido de trabajo circula por convección libre. En estos casos, el depósito de acumulación debe situarse a una cota más alta que los colectores. Carece de bomba de circulación y regulación. Cubren fundamentalmente pequeñas demandas de ACS.



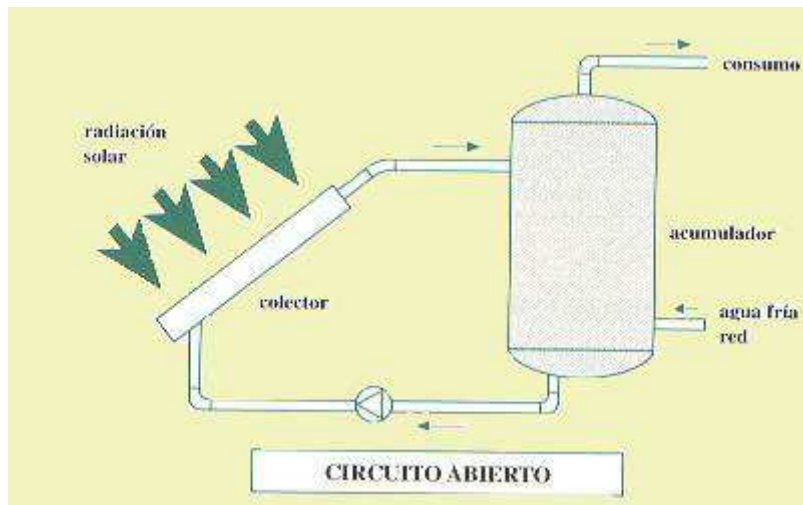
- **INSTALACIONES CON CIRCULACIÓN FORZADA:** son instalaciones equipadas con dispositivos que provocan la circulación forzada del fluido de trabajo.



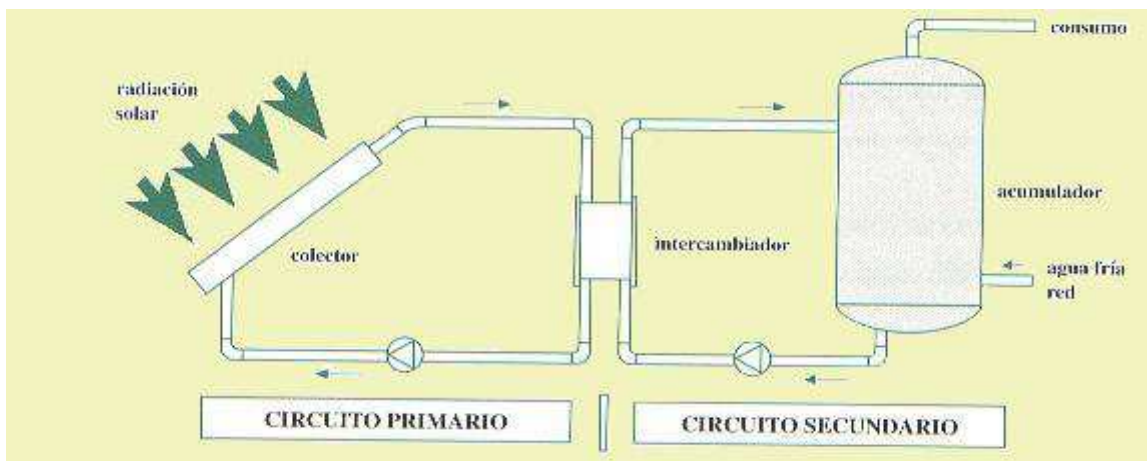
4.5.2. POR EL SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CALOR:

Pueden clasificarse en:

- **DIRECTAS:** el agua que circula por los colectores es usada directamente para consumo. No dispone de intercambiador y su uso está condicionado fundamentalmente por la calidad del agua y el tipo de colector. Se suele emplear en zonas donde no se esperan heladas.



- **INDIRECTAS:** cuando el fluido de trabajo se mantiene en un circuito separado, sin posibilidad de contacto con el circuito de consumo. En este tipo de instalaciones el intercambio de calor se produce a través de un intercambiador de calor que puede formar parte del acumulador, siendo sumergido o envolvente (interacumulador), o ser independiente.



4.5.3. POR EL SISTEMA DE EXPANSIÓN:

En función del sistema de expansión, las instalaciones solares pueden ser :

- SISTEMA ABIERTO: el circuito primario está comunicado de forma permanente con la atmósfera.
- SISTEMA CERRADO: el circuito primario no tiene comunicación directa con la atmósfera.

4.5.4. POR LA APLICACIÓN:

La energía solar captada por los colectores se puede aplicar en:

- CALENTAMIENTOS DE AGUA SANITARIA
- USOS INDUSTRIALES
- CALEFACCIÓN
- REFRIGERACIÓN
- CLIMATIZACIÓN DE PISCINAS
- USOS COMBINADOS

4.6.- SOLUCIÓN ADOPTADA

Para satisfacer la demanda de ACS se ha optado por proyectar una instalación indirecta, es decir, aquellas que utilizan como fluido de trabajo anticongelante (proporcionado por el fabricante), debido a las bajas temperaturas que se registran en la zona durante la época invernal.

La transferencia de calor del fluido de trabajo al circuito de consumo se realizará a través de un intercambiador independiente, que se conectará el circuito primario (circuito de colectores) y el circuito secundario (circuito del acumulador) del que coge agua fría y al que lleva agua caliente. Esa agua caliente será distribuida por las plantas de la vivienda, pasando por la caldera, antes de ser consumida, que le proporcionará la energía suficiente en el caso de que la energía solar no tenga la suficiente “fuerza”.

La circulación del fluido de trabajo a través de los colectores solares será forzada e impulsada por una bomba.

El sistema de expansión de la instalación solar será cerrado y se colocará en la parte fría del circuito, entre la bomba y los colectores. El sistema tendrá a su vez un grifo de vaciado o llenado de fluido de trabajo.

La totalidad de la energía captada por los colectores se empleará en calentar el agua de red para el consumo de ACS y para el suelo radiante.

Producción de ACS sin energía solar

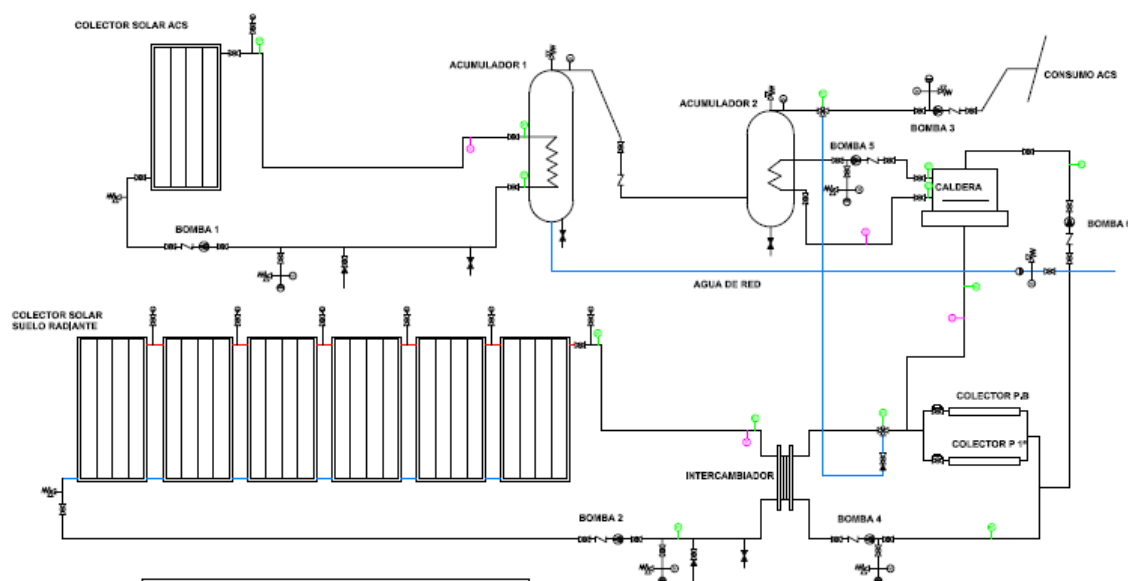
Al no haber sol o no poder satisfacer la demanda completa, entra la caldera en funcionamiento. El acumulador solar estará a la temperatura del agua de red (si el circuito primario está parado) o por debajo de la temperatura de acumulación, fijada en 60° C; esa agua llegará a la caldera que la calentará hasta los 60° C (temperatura de consumo) de forma instantánea y de ahí, se mezclará con el agua de red en el mezclador termostático para que al consumidor la llegue a la temperatura deseada.

Producción de ACS con energía solar

Si la diferencia de temperatura entre la sonda del colector y la sonda de temperatura del acumulador es superior a la temperatura diferencial ajustada en el sistema de control, la bomba de circulación del circuito de energía solar (circuito primario) se conecta, por tanto, se conectará también la bomba del circuito secundario y el acumulador ira calentándose poco a poco.

Al mismo tiempo, el limitador electrónico de la temperatura, instalado en el sistema de control o termostato de seguridad (si es necesario) limitan, si procede, la temperatura del acumulador. Si se sobrepasa la temperatura ajustada, éstos desconectan la bomba del circuito primario. El limitador electrónico puede reajustarse a la temperatura deseada.

A continuación se puede ver un esquema de la instalación proyectada:



4.7.- ESTUDIO DE LA INSTALACIÓN SOLAR

4.7.1. DATOS DE PARTIDA

Se trata de una vivienda unifamiliar que posee dos plantas. Se considerara una ocupación del 100% a lo largo de todo el año y que se corresponden con 6 personas en función del número de habitaciones existentes.

Según lo establecido en el CTE, aprobado recientemente, se cifran en 30 los litros por persona y día que consume una persona, a la temperatura de 60° C (aunque eso significan más litros a la temperatura de consumo de 45° C).

4.7.2. MÉTODO EMPLEADO

El método empleado para el dimensionado de la instalación solar es el método **F-CHART** (método de las curvas f), avalado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (**IDAE**), que es una entidad pública empresarial, adscrita al Ministerio de Industria, Turismo y comercio, en su pliego de condiciones técnicas.

La aproximación que hace el método de las curvas f consiste, en primer lugar, en identificar las variables adimensionales importantes del sistema térmico solar.

A continuación, utiliza la simulación detallada mediante ordenador para hallar correlaciones entre esas variables y el rendimiento medio a lo largo de un periodo de tiempo para que sean aplicables de manera sencilla y directa en el resto de sistemas. Las curvas f no son sino una representación gráfica de estas correlaciones, y la letra f hace referencia a la fracción de necesidades energéticas que podemos cubrir gracias a la energía solar.

La secuencia que se sigue en el cálculo es la siguiente:

1. Valoración de las cargas caloríficas para el calentamiento de agua destinada a la producción de ACS.

2. Valoración de la radiación solar incidente en la superficie inclinada de los captadores.

3. Cálculos del parámetro X .

$X = \text{Energía perdida por el captador} / \text{Energía necesaria mensual.}$

4. Cálculo del parámetro Y .

$X = \text{Energía absorbida por el captador} / \text{Energía necesaria mensual.}$

5. Valoración de la cobertura solar mensual.

6. Valoración de la cobertura solar anual.

Todos los parámetros se encuentran perfectamente definidos y justificados en el documento CÁLCULOS.

Se colocan un total de 23 colectores :

- Sistema de ACS → 1 colector resultante.
- Sistema suelo radiante → 22 colectores resultantes.

4.8.- INSTALACIÓN DE LOS COLECTORES

4.8.1. ORIENTACIÓN DE LOS COLECTORES

La orientación más favorable en esta parte de la Tierra es hacia el Sur. No supondrá ningún problema ya que, la cubierta, a 2 aguas, tiene una orientada casi de forma exacta hacia dicha orientación.

4.8.2. INCLINACIÓN

La cubierta tiene una inclinación de 19°, lo que pudiera pensar que resulta insuficiente para conseguir captar la máxima radiación posible y aprovecharla de manera más eficiente. Si bien es cierto que esto es así (ya que la inclinación ideal es una inclinación igual a la latitud, es decir, unos 42°), tampoco es menos cierto pensar en la opción del diseño y la estética a la hora de proyectar la instalación (integración arquitectónica) y se plantea una pregunta clave:

¿Es mejor colocar los colectores a su inclinación ideal para aprovechar al máximo la energía solar o colocar los colectores a la inclinación de la cubierta haciendo una instalación estética a la vez que funcional?

Aunque la realidad nos dice que la inclinación debe ser igual a la latitud del lugar donde se van a colocar los colectores, se aceptan hasta 25° de desviaciones y que no suponen grandes pérdidas de energía. Dicho esto, habrá que explicar el porqué de colocarlos así, a la inclinación de la cubierta y no colocarlos a la inclinación ideal, ya que desde el punto de vista de un ingeniero hay que buscar el máximo rendimiento posible de la instalación, minimizando pérdidas. Pero por otra parte, está el diseño de la instalación, un aspecto que no debe caer en el olvido en instalaciones relativamente grandes como ésta si se quiere, como proyectista, seguir realizando trabajos que gusten (a la vez que satisfagan las necesidades) a los usuarios. Cuando se opta por la integración arquitectónica de los colectores en la cubierta, además de favorecer la opción estética ya comentada, se facilita la instalación de las placas en el tejado (reduciendo los riesgos) ya que el soporte a colocar es sencillo, sin la necesidad de utilizar soportes que “eleven” nuestros captadores hasta los 42°. Si optamos por esta solución, el mantenimiento de los colectores es más sencillo y el % cubierto es prácticamente igual.

4.8.3. PÉRDIDAS

4.8.3.1. Pérdidas por orientación e inclinación

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \times [1,2 \times 10^{-4}(\beta - \beta)^2 + 3,5 \times 10^{-5}\alpha^2] \quad \text{para} \quad 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

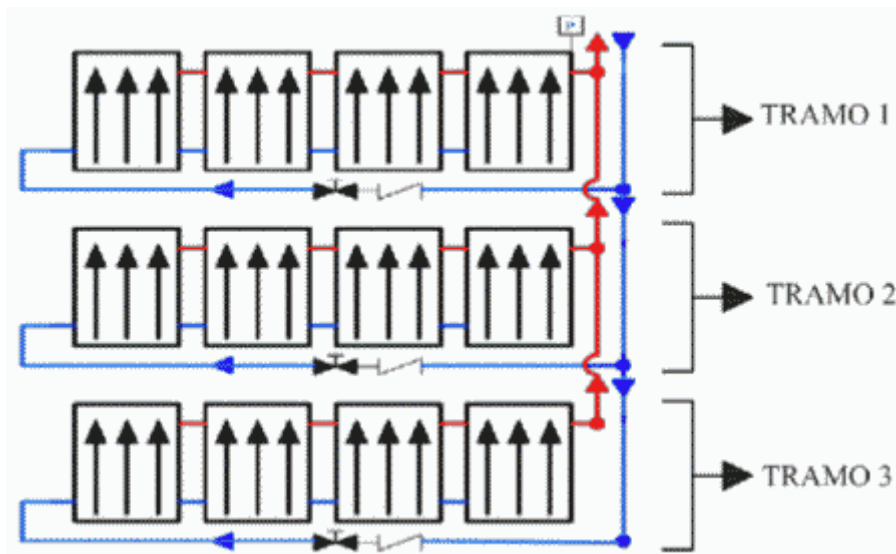
$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \times [1,2 \times 10^{-4}(19 - 42)^2 + 3,5 \times 10^{-5} 4,5^2] = \mathbf{5.88\%}$$

4.8.3.2. Pérdidas por sombras

Ya que los colectores están dispuestos en una única fila, y no hay obstáculos que se interpongan delante en las horas de sol no existen pérdidas de radiación por sombras.

4.8.4 CONEXIÓN:

Los colectores se dispondrán 2 filas de 6 plazas, 1 fila de 5 plazas y 2 filas de 2 plazas para la calefacción, y un único colector para el ACS, teniendo circuitos independientes para el suelo radiante y el ACS. La conexión de los colectores se realizara de manera que el circuito resulte equilibrado hidráulicamente (retorno invertido) como se expresa en la figura.



La conexión de colectores con las tuberías del circuito primario se realiza por medio de unos racores de unión, suministrados también por el fabricante, con un diámetro de 1/4". la distancia entre racores es de 50 mm.

4.8.5. SOPORTE:

Los colectores tendrán que ir sujetos a través de una estructura metálica, que se sujetará de manera sencilla pero resistente a la cubierta del edificio y que sea totalmente segura ante cualquier situación extrema como vendavales, fuertes tormentas....la inclinación será 26° ya que sumada a la del tejado de 19° hacen un total de 45° que se quiere obtener para aumentar el rendimiento del colector.

La estructura debe cumplir con dos aspectos:

- Que sea fácil de montar, ya que el montaje se debe hacer en el tejado del edificio, a 10 m. del suelo, con el correspondiente peligro que conlleva.
- Que soporte el peso del conjunto (esto está asegurado al ir suministrado por el fabricante).

La estructura de apoyo de captadores está formada por perfiles de acero normalizados, cortados, taladrados y posteriormente galvanizados en caliente para resistir los efectos de la intemperie. La unión entre las distintas barras que componen la estructura se realiza mediante tornillería de seguridad de acero inoxidable.

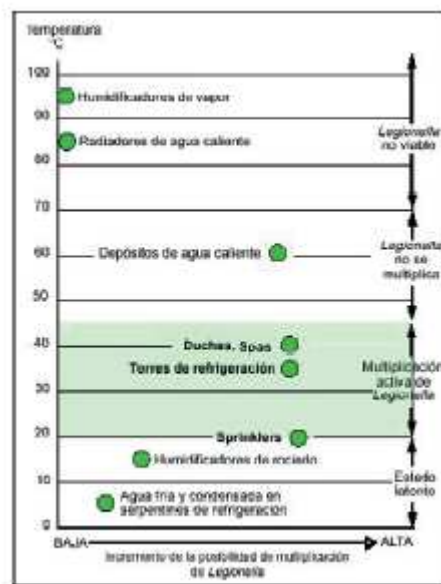


4.9.- LEGIONELOSIS

Legionella es una bacteria que es capaz de sobrevivir en un amplio rango de condiciones físico-químicas, multiplicándose entre 20 y 45°C y destruyéndose a 70°C . Su temperatura óptima de crecimiento es $35\text{-}37^\circ\text{C}$. La familia *Legionellaceae* comprende un género, *Legionella* y 40 especies, alguna de las cuales se divide a su vez en serogrupos como *L. Pneumophila*, de la que se han descrito 14 serogrupos. Aunque más de la mitad de las especies descritas han

estado implicadas en infección humana, la causa mas común de legionelosis es *L. Pneumophila* serogrupo 1, así como el serogrupo más frecuente en el ambiente.

Las bacterias del género *Legionella* se pueden encontrar en ambiente acuáticos naturales, así como en diversas instalaciones de edificios, siendo los sistemas de agua sanitaria y las torres de refrigeración las instalaciones que con mayor frecuencia se han identificado como fuentes de infección, por tanto, las recomendaciones aquí expuestas se van a centrar fundamentalmente en los problemas asociados con este tipo de instalaciones.



Las instalaciones que más frecuentemente se encuentran contaminadas con *Legionella* y han sido identificadas como fuentes de infección son sistemas de agua sanitaria, caliente y fría, torres de refrigeración y condensadores evaporativos tanto en hospitales como en hoteles u otros tipos de edificios.

4.9.1. TRANSMISIÓN DE LA BACTERIA AL HOMBRE :

La entrada de *Legionella* en el organismo humano se produce básicamente por la inhalación de aerosoles que contengan un número suficiente de bacterias no habiendo evidencia de su posible transmisión de persona a persona ni de la existencia de reservorios animales conocidos.

Para que se produzca infección en el hombre se tienen que dar una serie de requisitos :

- Que el microorganismo tenga una vía de entrada a la instalación. Esto suele producirse por aporte de aguas naturales contaminadas por la bacteria, normalmente en pequeñas cantidades.
- Que se multiplique en el agua hasta conseguir un número de microorganismos suficientes como para que sea un riesgo para personas susceptibles. La multiplicación es función de la temperatura del agua, de su estancamiento y de la presencia de otros contaminantes, incluyendo la suciedad en el interior de las instalaciones.
- Que se disperse en el aire en forma de aerosol a partir del sistema. El agua contaminada representa un riesgo solamente cuando se dispersa en la atmósfera en forma de aerosol (dispersión de un líquido o un sólido en el aire o en un gas). El riesgo aumenta cuando se reduce el tamaño de las gotas en suspensión, porque las gotas quedan en suspensión en el aire más tiempo y sólo gotas de tamaño inferior a 5µm penetran en los pulmones.
- Que sea virulento para el hombre, ya que no todas las especies o serogrupos están igualmente implicados en la producción de enfermedad.
- Que individuos susceptibles sean expuestos a aerosoles conteniendo cantidad suficiente de *Legionella* viable.

En el ámbito hospitalario, el riesgo de adquirir la enfermedad después de la exposición a agua contaminada depende del tipo e intensidad de la exposición, así como del estado de salud de la persona. Presentan un mayor riesgo de enfermos inmunocomprometidos y pacientes con enfermedades crónicas, tales como insuficiencia renal crónica y hemopatías malignas. Enfermos con riesgo moderado son diabéticos, pacientes con enfermedad pulmonar crónica, enfermos con hemopatías no malignas, fumadores, ancianos.

Para la prevención y control de *Legionella* se puede incidir en los aspectos siguientes : evitar la entrada de *Legionella* a la instalación, evitar su multiplicación y evitar su aerosolización.

4.10.- FLUIDO CALOPORTADOR

El fluido caloportador es el que circula en el circuito primario desde los colectores al primer acumulador y retorno. El agente anticongelante seleccionado es el FERNOX ALPHI-11, recomendado por el fabricante. El fluido térmico se consigue mezclando el anticongelante con agua. La proporción de mezcla de fluido térmico, se realiza en función de las condiciones climatológicas.

Características :

- Protección contra la corrosión y la calcificación.
- Mantiene la eficiencia del sistema a lo largo de su vida útil.
- Previene la contaminación bacteriana.
- Compatible con todos los metales y materiales comúnmente usados en los sistemas de calentamiento.
- No es tóxico y es respetuoso con el medioambiente.
- Combina propiedades anticongelantes y de protección.
- Protege agua calentada, enfriada y sistemas solares.

Usos

El líquido protector Frenos Alphi-11 consiste en una combinación de anticongelante e inhibidor, que proporciona protección durante largo tiempo a los sistemas domésticos de calentamiento contra la formación de corrosión interna y de depósitos de cal. Previene la corrosión de todos los metales empleados en dichos sistemas, como los metales férricos, el cobre y sus aleaciones, y el aluminio. Está especialmente recomendado para su uso en sistemas solares. Para una protección continua se recomienda que los niveles de líquido sean revisados regularmente (de forma anual). Como recomienda el fabricante seleccionaremos la concentración de un 40% de anticongelante ya que será más que eficaz para la zona climatológica en la que se trabaja.

Concentración	25%	30%	35%	40%
Protección	-11°C	-15°C	-18°C	-22°C

5. SALA DE CALDERA

5.1.- CALDERA

La caldera es el aparato de la instalación donde se quema un combustible cuya energía calorífica desprendida se transmite a un fluido, que será posteriormente distribuido a través de la red de tuberías a los locales a calefactar.

En este caso el fluido caloportador nos permite la colocación de dos circuitos. Uno el correspondiente al ACS donde calentará el agua hasta una temperatura de 60° C y otro el del suelo radiante donde esta temperatura será de 46,55° C. Esta agua es impulsada al acumulador secundario si es para el circuito de ACS o a los colectores del suelo radiante, para posteriormente retornar por sus correspondientes entradas a la caldera y volver a calentar si es necesario el caudal de agua recibido.

Tanto a la entrada como a la salida de fluido de la caldera, se instalarán llaves de corte tipo esfera, asiento o cilíndrico que permitan aislar la caldera del resto de la instalación de calefacción.

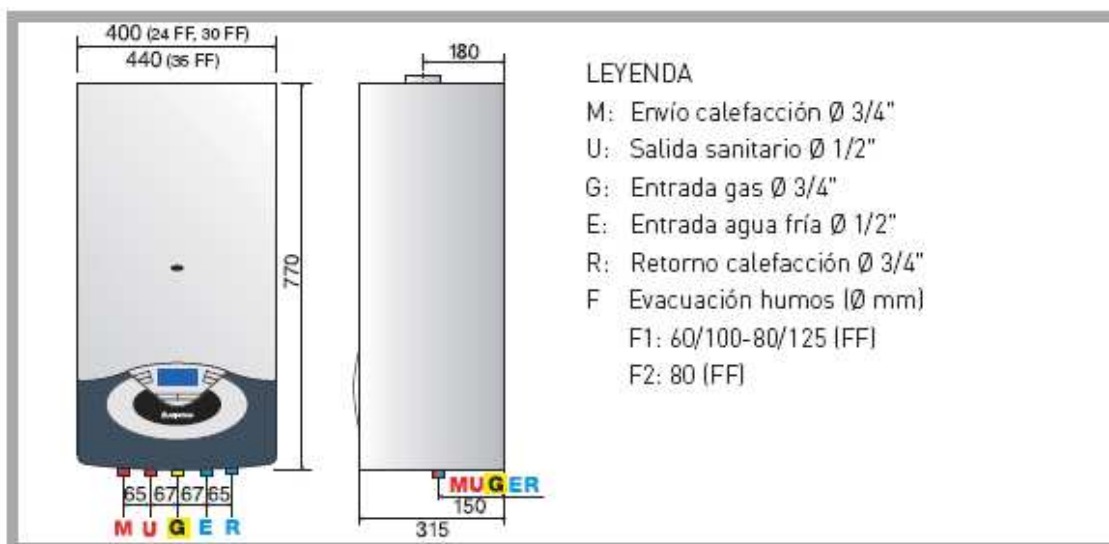
La potencia de la caldera tendrá que ser capaz de cubrir las necesidades caloríficas para la calefacción así como las necesidades caloríficas para agua caliente sanitaria, cuanto éstas no puedan ser cubiertas por los colectores solares.

La potencia de la caldera será la suma de las potencias necesarias en ambos circuitos.

$$P_{cT} = P_{acs} + P_{st}$$

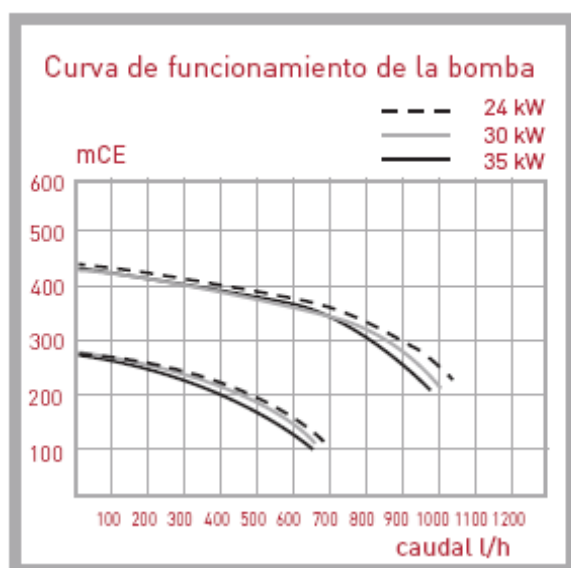
$$P_T = 7.72 + 7.04 = 14.76 \text{ kW}$$

Se procede a la colocación de una caldera mural de gas Genus modelo 24 FF. Estas calderas tienen entrada y salida tanto para la calefacción como para el ACS. Sus dimensiones y características son:



Datos técnicos

		24 FF	30 FF	35 FF
CÁMARA		estanca	estanca	estanca
Certificado CE		0085CL0440		
POTENCIA				
Potencia nominal máx./mín. (calef.)	kW	22,0/2,5	28,0/3	31,0/3,5
Potencia nominal máx./mín. (sanit.)	kW	25,0/2,5	30,0/3	35,0/3,5
Potencia útil máx./mín. (60/80°C) (calef.)	kW	21,3/2,4	27,1/2,9	30,1/3,4
Potencia útil máx./mín. (sanit.)	kW	25,0/2,5	30,0/3	34,5/3,5
RENDIMIENTOS				
A la potencia nominal (60/80°C)	%	97,3	97,3	97,2
A la potencia nominal (30/50°C)	%	107	107,7	107
Al 30% de la potencia (ret. 30°C)	%	108	108	108
PRESTACIONES				
Temperatura máx./mín. calefacción (alta temp.)	°C	82/35	82/35	82/35
Temperatura máx./mín. calefacción (baja temp.)	°C	45/20	45/20	45/20
Temperatura máx./mín. sanitario	°C	60/36	60/36	60/36
Caudal agua caliente (DT 25°C)	l/min	14,0	16,9	19,4
Caudal agua caliente (DT 35°C)	l/min	10,0	12,0	13,8
Caudal específico (primeros 10 min DT 30°C)	l/min	11,7	14,0	16,2
PARTE ELÉCTRICA				
Tensión/Frecuencia de alimentación	V/Hz	230/50	230/50	230/50
Potencia eléctrica absorbida total	W	74	74	74
Grado de protección de la instalación eléctrica	IP	X5D	X5D	X5D
PESO Y DIMENSIONES				
Peso	Kg	32	35	35,5
Dimensiones (alto-ancho-fondo)	cm	77-40-31,5	77-40-38,5	77-40-38,5



5.2.- EMPRESA SUMINISTRADORA

Empresa suministradora : GAS NAVARRA, S.A.

5.3.- CARACTERÍSTICAS DEL GAS

Las características del gas suministrado son :

- Naturaleza metano (gas natural).
- Familia segunda.
- Toxicidad nula.
- Densidad 0,64
- Índice de Wobbe 12.900.
- Grado de humedad seco.
- Presión de distribución en la red urbana media presión B (0,4-4kgs/cm²).
- Presión instalación común baja presión (hasta 500mm.c.a.).
- Presión nominal utilización aparatos domésticos 1.800mm.c.a.(160-240).
- Potencia calorífica en Kcal/H de 12.000 a 40.000.

5.4.- CONDUCCIONES DEL GAS

Las conducciones enterradas desde la red de distribución de gas al armario del muro exterior y a la caldera serán del tipo polietileno PE 32.

La subida por fachada será de cobre 19-22 y espesor 1,5 mm. envainada con tubería de cobre 26-28 mm. con ventilación en sus extremos y la tubería por techo de garaje será de cobre 19-22 mm. en tramos y espesor de 1,5 mm.

Las abrazaderas serán metálicas con recubrimiento de poliamida y con separación de 2 m. en tramos horizontales y 3 m. en tramos verticales.

También se colocaran tres llaves de corte :

- Estación regulación.
- Fachada exterior.
- Caldera.

5.5.- CHIMENEA

El conducto de evacuación de los gases de combustión al exterior, será hasta cubierta, siendo este coaxial de aluminio de 80-125 mm. de diámetro, compuesto por tubos concéntricos con recubrimiento de epoxi-poliéster, calorifugándose con coquilla de fibra de vidrio y papel de aluminio.

Las chimeneas saldrán al exterior lo más cerca posible del punto más alto de la cubierta. Las chimeneas apoyaran en los forjados, que serán capaces de resistir la carga transmitida por las piezas de apoyo. La carga máxima transmitida a cada forjado no superará la correspondiente a 3,5 m. de altura de chimenea.

Al disponer la caldera de una potencia útil máxima de 25,8 Kw., le corresponde un diámetro de 130 mm.

Estos diámetros son validos para calderas atmosféricas, en nuestro caso al ser calderas estancas los conductos de evacuación de humos y de toma de aire serán tubos coaxiales de 80-125 mm. de diámetro.

5.6.- INSTALADOR

La instalación habrá de ser ejecutada por un instalador debidamente autorizado e inscrito en la Delegación de Industria.

En el momento de tramitar la solicitud de la instalación ante dicha Delegación el presente proyecto, habrá de presentar una instancia del correspondiente instalador autorizado.

Al finalizar la instalación se encargará de rellenar y presentar el correspondiente Libro de mantenimiento.

5.7.- INSONORIZACIÓN

No es necesario aumentar el aislamiento acústico propio de los distintos cerramientos existentes, al disponer interiormente de un valor aproximado de 30 dB.

6. SISTEMA DE CONTROL

Todas las instalaciones del proyecto se van a controlar desde una centralita o panel de control. Desde éste se va a poder determinar que habitaciones tienen la calefacción puesta en marcha y desactivar las que no se quiera.

También se va a controlar el gasto de gas de cada instalación, conociendo así el ahorro energético que representa la instalación de colectores solares. Se conocerá, a su vez, toda la energía captada por ellos, y la acumulada en los depósitos.

La instalación de calefacción estará dotada de un sistema de control que regule su funcionamiento, controlando a través de termostatos de ambiente y termostatos diferenciales las condiciones de diseño previstas en cada uno de los locales de las viviendas.

El modelo seleccionado es el ELFATHERM E 8.0631 de la casa ROCA. Esta centralita se encargará de la activación o desactivación de las bombas de impulsión y de la apertura o cierre de las electroválvulas en función de la información recibida por los sensores de temperatura. Es por ello que el sistema va a tener :

- 25 entradas analógicas (sensores de temperatura).
- 6 salidas digitales (bombas de impulsión).
- 12 salidas analógicas (electroválvulas).

La casa Roca fabricante de la regulación electrónica se encargará de la instalación y programación de la centralita de tal manera que el usuario no tenga mas que determinar las temperaturas deseadas de calefacción y ACS.

7. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO

En este apartado se desglosa el tiempo aproximado que va a dedicar cada obrero a las diferentes tareas de la obra.

Para la realización de la obra se estima que harán falta tres trabajadores. Se iniciará la obra colocando el suelo radiante. En cuanto se acabe, el albañil cementará los cuartos y estará dos días sin poder pisarse el suelo de la casa.

En la tabla siguiente se muestran los tiempos de duración de los trabajos :

Trabajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Descarga de material	X											
Colocación de soportes de los colectores solares		X										
Colocación del suelo radiante y sepultación	X	X	X									
Colocación de los distribuidores							X					
Colocación de los depósitos, calderas, bombas...				X								
Interconexión de las anteriores					X							
Colocación de los terminales de ACS y suelo radiante						X						
Colocación de las tuberías de impulsión y retorno de los captadores solares						X	X					
Colocación circuitos de agua y gas								X	X	X		
Llenado de los sistemas para comprobación y ajustes											X	
Albañilería para el suelo radiante												X

8. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

CAPITULO I	INSTALACION ACS	7.533,14 €
CAPITULO II	INSTALACION SUELO RADIANTE	22.910,75 €
CAPITULO III	INSTALACION CALDERA Y CIRCUITOS	2.957,04 €
CAPITULO IV	INSTALACION CONTROL DIGITAL	1.942,81 €

PRESUPUESTO EJECUCIÓN DE LA OBRA	35.343,74 €
---	--------------------

IVA 21%	7.422,19 €
---------	-------------------

TOTAL OBRAS	42.765,93 €
--------------------	--------------------

HONORARIOS PROYECTISTA (3%)	1.060,31 €
HONORARIOS DIRECCIÓN DE OBRA (3%)	1.060,31 €

IVA 21%	445,33 €
---------	-----------------

TOTAL HONORARIOS	2.565,96 €
-------------------------	-------------------

PRESUPUESTO TOTAL FINAL	45.331,88 €
--------------------------------	--------------------

9. ESTUDIO DE VIABILIDAD

9.1 ESTUDIO ECONÓMICO

Para poder efectuar el proyecto propuesto se debe apoyar con una justificación económica. Para ello se va a realizar un simple cálculo del consumo, en este caso de gas, que nos ahorraríamos con la producción de la energía necesaria por parte de los colectores solares.

Para ello se necesita conocer el consumo total de energía por cada sistema:

- ACS: Consume 13956,28 MJ al año
- Suelo radiante: Consume 280.356,95 MJ al año.

Si el precio del gas natural C es de 0.04195204 €/Kwh, se pasará el consumo en MJ a Kwh teniendo en cuenta el rendimiento de los colectores, y ese será el dinero que se ahorrará al año.

- ACS: Ahorro = $Q * \pi * C = 100,57$ €/año
- Suelo radiante = $Q * \pi * C = 2.213,13$ €/año

$$\text{AHORRO TOTAL ANUAL} = A = 2.313,70 \text{ €/AÑO}$$

Debemos cuantificar cual es el valor de la instalación para aporte de energía solar (C), es decir, hemos de tomar como inversión, la diferencia entre lo que cuesta la instalación total y la instalación convencional.

A ello hay que añadir el coste que produce el mantenimiento de la instalación 'M', como el mantenimiento de la misma engloba bastantes aspectos tales como la reposición del anticongelante, reparaciones de piezas etc, suele ir sujeto a un contrato de mantenimiento, el cual puede aproximarse al 10% del valor total de la instalación.

A estos valores fijos y conocidos de antemano hay que añadir otros que, si bien con el paso del tiempo fluctúan, deberemos suponerlos constantes para realizar el análisis de rentabilidad. Estos son:

- El incremento del coste del combustible sustituido 'c'.

- El incremento del coste del mantenimiento, valorado por el índice de inflación anual i'
- El interés bancario e'

Lo habitual en una instalación solar es realizar el primer desembolso para el total de la inversión y, en periodos sucesivos, obtener unos beneficios fruto del aporte solar. Estos beneficios serán el equivalente económico del ahorro energético provocado por la instalación, teniendo en cuenta el coste de la generación de esta misma energía con el sistema de apoyo.

Si a este beneficio anual se sustrae el coste de mantenimiento de la instalación, se obtiene el beneficio neto anual, en función del cual se plantea el análisis de rentabilidad de la inversión. Así, teniendo en cuenta una vida útil de la instalación de “n” años, el beneficio actualizado al presente o también denominado VAN nos viene dado por la expresión:

$$B = A \cdot \sum [(1 + c) / (1 + e)]^t - M \cdot \sum [(1 + i) / (1 + e)]^t - C$$

En donde:

B es el beneficio neto o VAN

A es el ahorro de combustible

M es el coste de mantenimiento

C es el coste de inversión

c es e incremento de combustible

e es el interés bancario

i es la inflación

t es el tiempo en años

Evidentemente el valor del VAN de los años iniciales será negativo, lo que significa que aún no hemos recuperado la inversión. Llegará un instante en que B se anula, a ese

valor de t se le denomina tiempo de retorno de la inversión. A partir de ese momento la instalación estará amortizada y en los sucesivos años todo el ahorro producido será el beneficio neto producido por la misma. En este sentido, la instalación más interesante será la que menor periodo de retorno tenga.

La tasa interna de retorno TIR es aquel interés que hace nulo el VAN. Es decir, es un interés bancario que hace rentabilizar la inversión al cabo de n años, al mismo beneficio por intereses que la instalación solar por aporte de energía térmica.

La tasa interna de retorno siempre deberá ser superior a la tasa de interés bancario. La instalación será tanto más rentable cuanto mayor sea el TIR. En ocasiones se realizan diferentes estudios en paralelo sobre distintas soluciones (diferentes equipamientos o, incluso diferente superficie captadora), siendo la que mayor rentabilidad ofrece la que produce un mayor TIR.

En el caso de que el propietario reciba algún tipo de subvención por parte de terceros, el valor de la inversión realizada será el presupuesto menos el montante de la subvención recibida. Este hecho favorece la rentabilidad de las instalaciones aumentando su TIR y reduciendo su periodo de amortización.

Los valores tomados en nuestro proyecto son los siguientes:

- Ahorro de combustible: $A = 2313,70 \text{ €/año} + \text{IVA } 485,87 = 2.799,56 \text{ €/año}$
- Coste de inversión: $C = 24.802,68 \text{ €}$
- Coste de mantenimiento: $M = 248,03 \text{ €/año}$
- Incremento precio del combustible: $c = 0,062$

Tomando como referencia los datos de la comisión nacional de la energía se ha tomado un valor de 6,2% para el aumento anual en el precio del gas natural.

- Inflación: $i = 0,024$

La tendencia de los últimos años y actual en el índice de precios al consumo, según el Banco de España, es de un 2,4%

- Interés financiero: $e = 0,030$

El interés financiero, según el Banco de España, para pequeño capital por parte de bancos y cajas de ahorro, se sitúa entorno al 3,0%.

El tiempo o vida útil de la instalación se ha estimado en 20 años.

Con todos estos datos el tiempo de retorno y la rentabilidad de la instalación al cabo de los 20 años, sin tomar en consideración ningún tipo de ayuda o subvención, son los siguientes.

Tiempo de retorno igual a 8 años

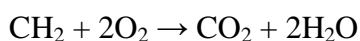
T.I.R. del 15,17 %

LA INVERSIÓN ES RENTABLE PARA UN PERIODO DE TIEMPO DE 20 AÑOS.

9.2 ESTUDIO ECOLÓGICO

Otro de los objetivos de este proyecto es el ecológico, contribuyendo en la reducción de emisiones a la atmósfera de los gases contaminantes producidos en la combustión del gas natural para la obtención de energía.

El gas natural se compone principalmente de metano. En su combustión se produce CO₂, y es uno de los principales gases contaminantes determinados en el protocolo de Kyoto de 1998. Como el ahorro de gas implica un ahorro de emisiones, se va a calcular los Kg de CO₂ anuales que se dejan de emitir:



De la ecuación de combustión, según los pesos moleculares de los elementos se determina que por cada 16 gramos de metano, se obtienen 36 gramos de dióxido de carbono.

Se determina la masa de gas que se deja de consumir por la producción de energía por parte del sistema solar. Para ello se emplea la siguiente fórmula:

$$CO = [24 * Z * (T_c - T_{em}) * a * b * c * Q] / [(T_a - T_{emin}) * PCI * \Pi]$$

Donde:

CO: Consumo anual de combustible

Z: número de días de calefacción.

Ta: temperatura ambiente 20°C

Tem = temperatura exterior media durante el período de calefacción. 6°C

Temin: temperatura exterior mínima. -6°C

PCI: poder calorífico inferior del combustible. PCI gas natural = 10.000

Kcal/Nm³

II: rendimiento total de la instalación. 0.85

a: factor de reducción de la temperatura. a= 0.9 en viviendas con reducción nocturna

b: factor de reducción del servicio. b= 1 en viviendas con calefacción continua.

c: factor de corrección de la exigencia calorífica

c= pérdidas por transmisión/pérdidas totales = Q_t / Q

A. ACS

Consume 13.956,28 MJ al año. Esto equivale a 380 Kcal/h

Se considera el factor de corrección c= 1 por estar aisladas las tuberías y no existir pérdidas de ventilación, etc ...

El número de días Z= 365.

$$CO = 245,82 \text{ m}^3$$

La densidad del metano líquido es de 0,6 g/l. Con ello se obtiene la masa y por relación estequiométrica la correspondiente de CO₂

$$M_{CO_2} = 0.1475 \text{ Tn}$$

B. SUELO RADIANTE

Consume 280.356,95 MJ al año. Esto equivale a 7.649 Kcalh

El factor de corrección $c = 3.709,64/6.147,39 = 0.603$.

El número de días $Z = 273$ por no existir calefacción en los meses de verano.

$$CO = 2.215,23 \text{ m}^3$$

La densidad del metano líquido es de 0,6 g/l. Con ello se obtiene la masa y por relación estequiométrica la correspondiente de CO₂

$$M_{CO_2} = 1.33 \text{ Tn}$$

Con estos resultados se estima que al año se emiten 1,47 Tn de CO₂ si trabajara siempre la caldera. Trabajando las placas solares obtendríamos los siguientes resultados:

A. ACS

$$M_{CO_2} = 0.1475 \text{ Tn}$$

$$\text{Rendimiento} = 61.84\%$$

$$\text{Dejamos de emitir} = 0.091 \text{ Tn}$$

B. SUELO RADIANTE

$$M_{CO_2} = 1.33 \text{ Tn}$$

$$\text{Rendimiento} = 67.74\%$$

Dejamos de emitir = 0.9 Tn

EN TOTAL SE DEJAN DE EMITIR A LA ATMÓSFERA UNA CANTIDAD
DE 0.991 Tn DE CO₂



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE ACS Y
CALEFACCION POR SUELO RADIANTE CON PLACAS
SOLARES TÉRMICAS”

DOCUMENTO Nº2: CÁLCULOS

Aitor Gárate Bienzobas

Rafael Araujo

Pamplona, 25 de Abril de 2013

INDICE

1. CÁLCULO DEL AGUA CALIENTE SANITARIA	4
1.1. CIRCUITO PRIMARIO (COLECTORES)	4
1.1.1 CÁLCULO DE COLECTORES	4
1.1.2 BOMBA DE IMPULSIÓN	11
1.1.3 TUBERÍAS	14
1.1.4 VASO DE EXPANSIÓN	15
1.1.5 FLUIDO CALOPORTADOR	17
1.2. CIRCUITO SECUNDARIO (ACUMULADORES)	19
1.2.1 CÁLCULO DEL INTERACUMULADOR PRIMARIO	19
1.2.2 ACUMULADOR SECUNDARIO	21
1.2.3 BOMBA DE IMPULSIÓN	23
1.2.4 VASO DE EXPANSIÓN	25
1.2.5 TUBERÍAS	26
1.3. CIRCUITO PRIMARIO (CALDERA-ACS)	27
1.3.1 TUBERÍAS	27
1.3.2 CALDERA	27
1.3.3 BOMBA	28
1.3.4 VASO DE EXPANSIÓN	30
2. CODIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN	32
2.1. APLICABILIDAD	32
2.2. CUMPLIMIENTO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN	32
2.2.1 DETERMINACIÓN DE LA ZONA CLIMÁTICA	32
2.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS	32
2.2.3 ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO	32
2.2.4 CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LOS CERRAMIENTOS	35
2.2.5 LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA	45
2.2.6 CÁLCULO DE LAS CONDENSACIONES	45
2.2.7 FICHAS JUSTIFICATIVAS DE LA OPCIÓN SIMPLIFICADA	69
3. INSTALACIÓN DEL SUELO RADIANTE	71
3.1. CONDICIONES DE DISEÑO	71
3.2. DEMANDA CALORÍFICA DEL EDIFICIO	71
3.2.1 CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN	72
3.2.2 CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR INFILTRACIÓN O RENOVACIÓN	73
3.2.3 CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR SUPLEMENTOS	73
3.3. LOCALIZACIÓN DE LOS COLECTORES	80
3.4. DISEÑO DE CIRCUITOS	81
3.5. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO	82
3.6. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA	83
3.7. CÁLCULO DEL CAUDAL DE AGUA	85
3.8. VELOCIDAD DEL AGUA	87
3.9. CÁLCULO DE MONTANTES Y REDES DE DISTRIBUCIÓN	87

3.10. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA	89
3.11. VASO DE EXPANSIÓN	92
3.12. COMPENSACIÓN DE LOS DISTRIBUIDORES	93
3.13. CABEZALES ELECTROTÉRMICOS	94
3.14. CÁLCULO DEL INTERCAMBIADOR	94
3.15. CÁLCULO CIRCUITO CALDERA-SUELO RADIANTE	95
3.15.1 TUBERÍAS	95
3.15.2 DIMENSIONADO BOMBA IMPULSIÓN CALDERA-SUELO RADIANTE	96
3.15.3 DIMENSIONADO VASO DE EXPANSIÓN	97
3.16. CÁLCULO CIRCUITO PRIMARIO DEL SUELO RADIANTE	98
3.16.1 DIMENSIONADO COLECTORES SOLARES	98
3.16.2 CÁLCULO DE PÉRDIDAS	105
3.16.3 DIMENSIONADO VASO DE EXPANSIÓN	106
3.16.4 DIMENSIONADO BOMBA DE IMPULSIÓN	107
4. INSTALACIÓN DE LA CALDERA	110
4.1. CÁLCULO DE LA CALDERA TOTAL	110
4.2. INSTALACIÓN DE GAS NATURAL	111
4.2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN LA RED DE GAS	112
5. VALVULERÍA	114
5.1. VÁLVULAS ANTIRETORNO	114
5.2. VÁLVULAS ESFÉRICAS	115
5.3. PURGADORES	115
5.4. ELECTROVÁLVULAS	116
5.5. VÁLVULAS DE SEGURIDAD	117
6. CONTROL Y REGULACIÓN DEL SISTEMA	119
6.1. DISEÑO SISTEMA DE MONITORIZACIÓN	119
6.2. CENTRALITA DE CONTROL	119
6.2.1 SONDAS DE TEMPERATURA	120
6.2.2 ELECTROVÁLVULAS	120
6.2.3 CAUDALÍMETROS	120
6.2.4 BOMBAS Y VÁLVULAS	120

1. CÁLCULO DEL AGUA CALIENTE SANITARIA

1.1. CIRCUITO PRIMARIO (COLECTORES)

1.1.1 CÁLCULO DE COLECTORES

1.1.1.1 Demanda energética

Lo primero que se va a calcular es el consumo diario de la vivienda en función del número de dormitorios y habitantes de la vivienda unifamiliar. Según el CTe, la relación existente entre estos factores es la siguiente:

Tipo de vivienda	Nº de dormitorios	Habitantes	Consumo diario por persona	Total diario
unifamiliar adosado	4	6	30	180

El segundo paso sería hacer una estimación de ocupación dependiendo del porcentaje de días de estancia en cada vivienda. Dado que los cálculos se realizan mes a mes, podría considerarse que en los meses de vacaciones por excelencia (Julio y Agosto) o en algunos otros dependiendo de los hábitos de los ocupantes de la viviendas, el porcentaje de ocupación fuese menor.

No obstante, debido a que no se conocen los posibles hábitos de los ocupantes, se ha considerado 100% de ocupación todos los meses del año,

A continuación se calculará la carga calorífica, que es la cantidad de calor necesaria mensual (demanda energética) para calentar el agua destinada al consumo doméstico. Dicha carga será directamente proporcional al consumo volumétrico previamente calculado. Para ello se emplea la expresión:

$$Q_a = C_e * C * (T_a - T_r) * N$$

Donde:

Q_a = carga calorífica mensual de calentamiento de ACS (J)

C_e = calor específico del agua: 4186 J/kg°C

C = consumo diario de ACS: 120 litros/día

T_a = temperatura de agua caliente de acumulación: 60°C

T_r = temperatura del agua de la red (°C)

N = número de días del mes.

Se obtienen los siguientes valores:

MES	% DE OCUPACIÓN (m3)	Nº de días	CONSUMO MENSUAL (m3)	TEMP. DE RED °C	SALTO TÉRMICO (°C)	NECESIDAD ENERGÉTICA MENSUAL (termias)	NECESIDAD ENERGÉTICA MENSUAL (MJ)
ENERO	100	31	5,58	5	55	306,90	1284,99
FEBRERO	100	28	5,04	6	54	272,16	1139,53
MARZO	100	31	5,58	8	52	290,16	1214,90
ABRIL	100	30	5,4	10	50	270,00	1130,49
MAYO	100	31	5,58	11	49	273,42	1144,81
JUNIO	100	30	5,4	12	48	259,20	1085,27
JULIO	100	31	5,58	13	47	262,26	1098,08
AGOSTO	100	31	5,58	12	48	267,84	1121,45
SEPTIEMBRE	100	30	5,4	11	49	264,60	1107,88
OCTUBRE	100	31	5,58	10	50	279,00	1168,17
NOVIEMBRE	100	30	5,4	8	52	280,80	1175,71
DICIEMBRE	100	31	5,58	5	55	306,90	1284,99

1.1.1.2 Cálculo de los parámetros X e Y

Se va a realizar el estudio de las necesidades de ACS solar con el método F-Chart. Para desarrollarlo se utilizarán datos mensuales medios meteorológicos. Ya se ha obtenido la demanda energética necesaria desglosada por meses para todo un año, así que ahora se obtienen dos parámetros fundamentales: X (la relación entre las pérdidas de energía en el captador para una determinada temperatura y carga calorífica durante un mes) e Y (la relación de entre la energía absorbida por la placa y la carga calorífica durante un mes).

1.1.1.2.1 Cálculo de la relación de pérdidas de energía X

El parámetro X expresa la relación entre las pérdidas de energía en los captadores, para una determinada temperatura, y la energía necesaria durante un mes.

$$X = E_p / Q_a$$

Donde:

Ep: energía perdida por el captador

Qa: energía necesaria mensual.

La energía perdida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$E_p / S_c = Fr' * UL * (100 - T_a) * \Delta T * K_1 * K_2$$

Donde:

Sc: superficie útil de los captadores instalada (m²)

Fr * UL se calcula por la siguiente expresión:

$$Fr' * UL = Fr * UL / (Fr' / Fr)$$

Fr * UL = 4.9 W/m²°C, es la pendiente de la curva característica del captador

Fr' / Fr factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar el valor 0.95

Ta: temperatura ambiente media mensual

ΔT: período de tiempo considerado (segundos)

K1 = factor corrección por almacenamiento que se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$K_1 = [kg \text{ acumulación} / (75 S_c)^{-0.25}] = [(120 / 75 * 1.8)^{-0.25}] = 1.029$$

K2 = factor de corrección para ACS, que relaciona la temperatura mínima de ACS, la del agua de la red y la media mensual ambiente, dado por la siguiente expresión:

$$K_2 = (11.6 + 1.18 T_{ac} + 3.86 T_r - 2.32 T_a) / (100 - T_a)$$

Donde:

Tac: temperatura de ACS. 60°C

Tr: temperatura de red (°C)

Ta: temperatura media mensual del ambiente (°C)

Estos datos se obtienen de las tablas adjuntas, con los siguientes valores para cada mes:

MES	Fr'UL	Ta	ΔT	K ₁	K ₂	Ep/Sc	Ep (1 placa)	Ep (2 placas)	X (1 placa)	X (2 placas)
ENERO	4,6550	4,5000	2,6784	0,9300	0,9556	1058,1775	1904,7196	3809,4391	1,4823	2,9646
FEBRERO	4,6550	6,5000	2,4192	0,9300	0,9677	947,6042	1705,6876	3411,3753	1,4968	2,9937
MARZO	4,6550	8,0000	2,6784	0,9300	1,0296	1098,2969	1976,9344	3953,8689	1,6272	3,2545
ABRIL	4,6550	9,9000	2,5920	0,9300	1,0880	1100,0324	1980,0584	3960,1168	1,7515	3,5030
MAYO	4,6550	13,3000	2,6784	0,9300	1,0842	1089,9947	1961,9905	3923,9811	1,7138	3,4276
JUNIO	4,6550	17,3000	2,5920	0,9300	1,0711	994,0150	1789,2269	3578,4538	1,6486	3,2973
JULIO	4,6550	20,5000	2,6784	0,9300	1,0694	985,8235	1774,4823	3548,9646	1,6160	3,2320
AGOSTO	4,6550	20,3000	2,6784	0,9300	1,0241	946,4462	1703,6032	3407,2064	1,5191	3,0382
SEPTIEMBRE	4,6550	18,2000	2,5920	0,9300	1,0102	927,2715	1669,0887	3338,1774	1,5066	3,0131
OCTUBRE	4,6550	13,7000	2,6784	0,9300	1,0338	1034,4769	1862,0585	3724,1170	1,5940	3,1880
NOVIEMBRE	4,6550	8,3000	2,5920	0,9300	1,0253	1055,0580	1899,1045	3798,2090	1,6153	3,2306
DICIEMBRE	4,6550	5,7000	2,6784	0,9300	0,9382	1025,8965	1846,6137	3693,2274	1,4371	2,8741

1.1.1.2.2 Cálculo de la relación de pérdidas de energía Y

El parámetro Y expresa la relación entre la energía absorbida por la placa del captador plano y la energía necesaria total durante un mes.

$$Y = E_a/Q_a$$

Donde:

Ea: energía absorbida por el captador

Qa: carga calorífica mensual

La energía absorbida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$E_a/Sc = Fr'(\tau\alpha) R_t N K$$

Donde:

Sc: superficie útil de captadores instalada.

Rt: radiación útil media mensual incidente sobre la superficie de captación por unidad de área, en MJ/m²

N: número de días al mes.

Fr'(τα): factor adimensional calculado por la siguiente expresión:

$$Fr'(\tau\alpha) = Fr(\tau\alpha)_s [(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_s](Fr'/Fr)$$

Donde:

$Fr(\tau\alpha)_s$: factor de incidencia óptica del captador, es decir, ordenada en el origen de la curva característica del captador. En el caso solahart M:0.73

$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_s$: modificador del ángulo de incidencia. En general se toma como constante 0,96 para superficie transparente sencilla.

(Fr'/Fr) : factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar el valor 0,95

K: es el factor de corrección por inclinación de los captadores que an la latitud 42° y con una inclinación de 45° sobre la horizontal.

Con estos datos calculamos la energía absorbida por el captador y el parámetro de absorción:

MES	$Fr'(\tau\alpha)$	R_1 (MJ/m2)	K(45°)	Ea/Sc	Ep (1 placa)	Ep (2 placas)	Y (1 placa)	Y (2 placas)
ENERO	0,6658	5,0000	1,4300	147,5657	265,6183	531,2365	0,2067	0,4134
FEBRERO	0,6658	7,4000	1,3200	182,0880	327,7584	655,5169	0,2876	0,5752
MARZO	0,6658	12,3000	1,1800	299,5481	539,1865	1078,3730	0,4438	0,8876
ABRIL	0,6658	14,5000	1,0400	301,1898	542,1417	1084,2834	0,4796	0,9591
MAYO	0,6658	17,1000	0,9400	331,7442	597,1396	1194,2792	0,5216	1,0432
JUNIO	0,6658	18,9000	0,9000	339,7373	611,5272	1223,0544	0,5635	1,1270
JULIO	0,6658	20,5000	0,9400	397,7051	715,8691	1431,7382	0,6519	1,3039
AGOSTO	0,6658	18,2000	1,0500	394,4029	709,9252	1419,8504	0,6330	1,2661
SEPTIEMBRE	0,6658	16,2000	1,2300	397,9780	716,3604	1432,7208	0,6466	1,2932
OCTUBRE	0,6658	10,2000	1,4300	301,0340	541,8613	1083,7225	0,4639	0,9277
NOVIEMBRE	0,6658	6,0000	1,5700	188,1438	338,6588	677,3176	0,2880	0,5761
DICIEMBRE	0,6658	4,5000	1,5400	143,0252	257,4454	514,8908	0,2003	0,4007

Se descarta colocar el captador a una inclinación diferente de 45° , ya que así queda integrarlo arquitectónicamente en el tejado de la vivienda, y debido a que los resultados obtenidos con otras inclinaciones nos dan muy bajo rendimiento de los colectores.

1.1.1.3 Determinación de la gráfica f

Una vez obtenidos estos parámetros se tiene que determinar la superficie necesaria del captador y por lo tanto el número de captadores necesarios. Para ello se iterará con estos parámetros en la ecuación del método de las curvas F-Chart.

$$f = 1.029Y + 0.065X + 0.245Y^2 + 0.0018X^2 + 0.0215Y^3$$

Se tiene que satisfacer una serie de necesidades, como abastecer el 100% de las necesidades en los meses de verano, y que no mas de tres meses seguidos se supere el 100% de la demanda.

Los cálculos han sido realizados para una placa solar Solahart modelo 'M' de superficie 1.8 m² con inclinación de 45°.

MES	f (1 placa)	f (2 placas)
ENERO	0,3237	0,6773
FEBRERO	0,4181	0,8878
MARZO	0,6174	1,3520
ABRIL	0,6716	1,4811
MAYO	0,7231	1,6084
JUNIO	0,7735	1,7355
JULIO	0,8907	2,0347
AGOSTO	0,8579	1,9533
SEPTIEMBRE	0,8756	1,9991
OCTUBRE	0,6403	1,4081
NOVIEMBRE	0,4269	0,9070
DICIEMBRE	0,3133	0,6547

1.1.1.4 Valoración de la cobertura solar mensual y anual

Finalmente, la cobertura solar anual se obtendrá empleando todos los datos mensuales mediante la siguiente expresión:

$$Q_v = f Q_a$$

Cobertura solar anual:

$$\sum Q_v / \sum Q_a$$

A. Cobertura mensual y anual 1 placa

MES	NECESIDAD ENERGÉTICA MENSUAL (MJ)	Qv (MJ) (1 placa)
ENERO	1284,99	415,9058
FEBRERO	1139,53	476,4082
MARZO	1214,90	750,0253
ABRIL	1130,49	759,1887
MAYO	1144,81	827,8420
JUNIO	1085,27	839,4682
JULIO	1098,08	978,0136
AGOSTO	1121,45	962,1288
SEPTIEMBRE	1107,88	970,0758
OCTUBRE	1168,17	748,0376
NOVIEMBRE	1175,71	501,9471
DICIEMBRE	1284,99	402,5768
TOTAL	13956,28	8631,6180

Cobertura solar anual 1 placa = 61,84%

B. Cobertura mensual y anual 2 placas

MES	NECESIDAD ENERGÉTICA MENSUAL (MJ)	Qv (MJ) (2 placas)
ENERO	1284,99	870,343453
FEBRERO	1139,53	1011,6986
MARZO	1214,90	1642,58743
ABRIL	1130,49	1674,34223
MAYO	1144,81	1841,36819
JUNIO	1085,27	1883,44858
JULIO	1098,08	2234,27866
AGOSTO	1121,45	2190,48755
SEPTIEMBRE	1107,88	2214,80965
OCTUBRE	1168,17	1644,95883
NOVIEMBRE	1175,71	1066,36146
DICIEMBRE	1284,99	841,313594
TOTAL	13956,28	19115,9982

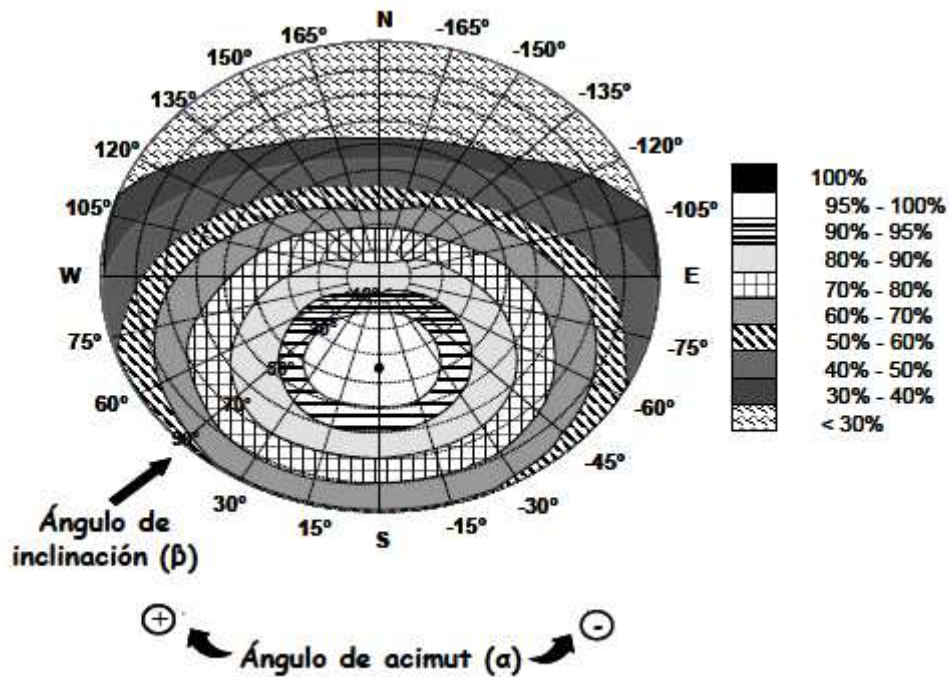
Cobertura solar anual 2 placas = 136,97%

Es obvio que con dos colectores el rendimiento es demasiado grande. Con uno solo satisfacemos toda la normativa ya que no tenemos tres meses consecutivos por encima del 100% del rendimiento y en ningún caso se supera el 110%.

Es por ello que se elige la colocación de un colector solar del modelo Solahart M.

1.1.1.5 Cálculo de pérdidas

La inclinación de los captadores es de $\beta = 45^\circ$. Como el ángulo de Acimut es igual a cero, al tener el colector orientación sur, obtenemos un porcentaje de energía respecto al máximo de un 95-100% para ambos casos.



Obtenemos un total de pérdidas del 5% por la orientación de los captadores, lo cual es muy inferior al 15% establecido por la HE-4.

1.1.2 BOMBA DE IMPULSIÓN

La bomba se coloca tras el paso por el intercambiador. Se calcularán las pérdidas de carga producidas por la disposición física de la instalación, por la circulación del fluido y los diferentes elementos constitutivos del sistema.

Se plantea la ecuación de pérdidas:

$$(V_1^2/2g) + (P_1/\gamma) + Z_1 = (V_2^2/2g) + (P_2/\gamma) + Z_2 + H_{r12} + H_B$$

$$H_B = L_T H_{cl} + \sum k(v^2/2g) + (Z_2 - Z_1)$$

Donde:

L_T : longitud total del circuito primario = 15.9 m

H_{cl} : pérdida de carga por metro de tubo = 12 mm c.a./m

Z_2-Z_1 : pérdidas por altura geométrica = 5.95 m

K: factor de pérdida característico de cada elemento.

K: codos de 90°: 0,75

Nº de codos = 4

K: válvulas esféricas: 10

Nº de válvulas = 6

K: válvulas antiretorno: 2,5

Nº de válvulas = 1

Con estos cálculos se obtiene una altura de bomba de:

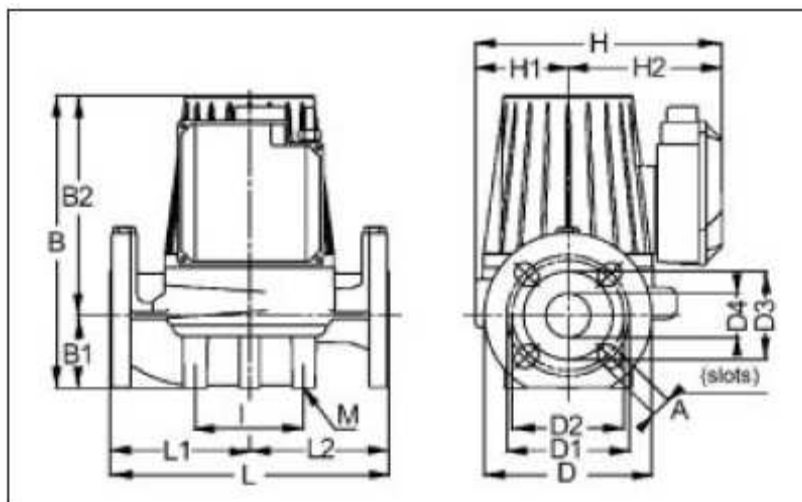
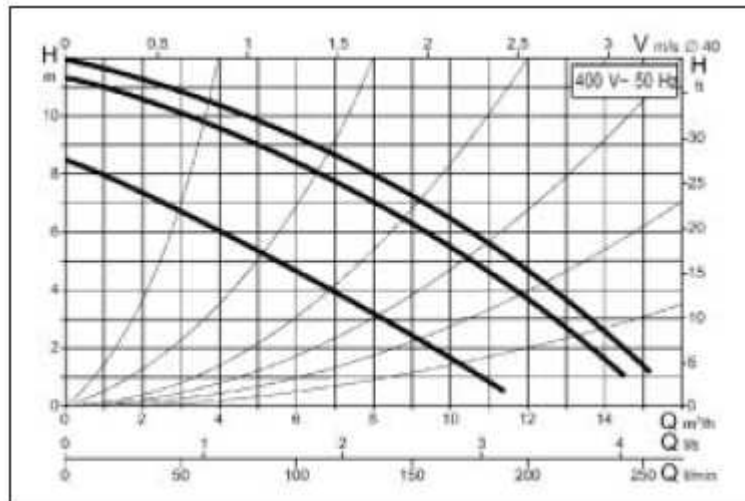
$$H_B = 6,135 \text{ m}$$

Y como se tiene un caudal de 0.03 l/s, se entra con ambos datos en las gráficas proporcionadas por el fabricante para escoger la bomba. En este caso se selecciona la casa Salvador Escoda S.A., la serie de bomba MBMH y BPH para medianas instalaciones colectivas simples. Con esto se selecciona la bomba BPH 120/250,40 T simple con bridas trifásica de 2800 r.p.m.

Esta bomba tiene las siguientes características:

- cuerpo bomba y caja motor de fundición
- turbina de tecnopolímero, eje motor de acero inoxidable templado, montado sobre cojinetes de grafito lubricados.
- Bridas provistas de orificios roscados para manómetros de control.
- Camisa de protección del rotor y camisa estator de acero inoxidable.

- Anillo de fricción de cerámica, anillos de sello mecánico de etileno-propileno y tapón salida aire de latón. El motor de dos polos para la versión BPH es de tipo sincrónico con rotor bañado y funciona a tres velocidades.
- Cumplen la norma estándar europea EN60335-2-51
- Campo de funcionamiento de 1,5 a 78 m³/h con altura manométrica hasta 15 metros.
- Temperatura del líquido de -10°C a 110°C
- Máxima presión de servicio 10 bar
- Bridas de serie PN10, compatibles con cortabridas PN6
- Grado de protección IP-42
- Clase de aislamiento: F



L	L1	L2	A	B	B1	B2	D	D1	D2	D3	D4	I	I1	I2	I3	M	H	H1	H2	DIM. EMBALAJE			VOL.	PESO
																				L	B	H	m ³	Kg
250	125	125	18	266	66	200	150	110	100	80	40	100	-	-	-	M10	221	83	138	360	295	320	0,033	20

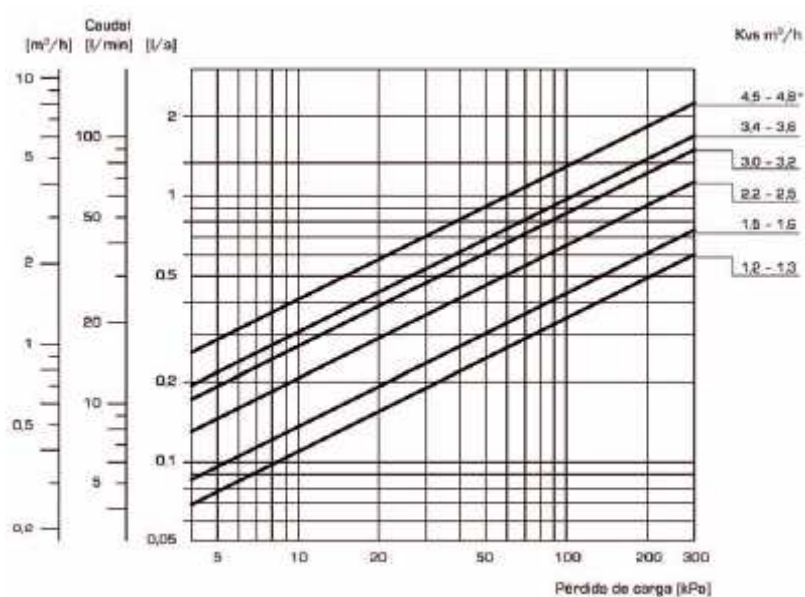
MODELO	VOLTAJE 50 Hz	DISTANCIA ENTRE EJES (mm)	CONTRA BRIDAS (opcional)	DATOS ELÉCTRICOS				MÍNIMA PRESIÓN DE ENTRADA
				VELO- CIDAD	Nº r.p.m.	P1 MÁX. W	A	
BPH 120 / 250.40T (AC 41 104)	3 x 230 V ~	250	DN40-PN10	2	2300	395	1,2	t° 75° 90° 110° 120° m.c.a. 6 9 - 23
				1	2070	340	1,07	
	3 x 400 V~			3	2780	536	1,16	
				2	2710	499	0,98	
				1	2080	339	0,62	

1.1.3 TUBERÍAS

El fabricante de los colectores ofrece una serie de valores que se han seguido debido al gran conocimiento y experiencia que tienen en estos temas.

- el caudal recomendado es de 50-60 l/m²h. como la superficie colectora es de 1,8 m², tenemos un caudal de 109,2 l/h.
- la velocidad de flujo en los tubos de cobre no debe exceder 1,5 m/s, y se recomienda entre 0,3 y 0,5 m/s. Para este caso se ha cogido 0,4 m/s
- con estas velocidades se obtienen unas pérdidas de carga de entre 12 mm c.a./m.

Para este caso se ha escogido D=20mm de diámetro en las tuberías.



1.1.4 VASO DE EXPANSIÓN

La expresión para dimensionar el vaso de expansión, proporcionada también por el fabricante, es la siguiente:

$$V_N = [(V_V + V_2 + Z V_K)(P_e + 1)] / (P_e - P_s)$$

Donde:

V_N : volumen nominal del depósito de expansión

V_V : V_a (0.001...0.02) [mínimo 1 litro]

V_a : volumen de fluidos de toda la instalación

- V colectores = 1 colector x 3 litros = 3 litros
- V bomba = 3,2 l
- V intercambiador = 11 litros
- V tuberías = 0.3142 litros/metro * 15.90 metros = 4.99 litros

$$V_a = 22.19 \text{ litros}$$

V_2 : aumento del volumen al calentarse la instalación.

$$V_2 = V_a \beta = 22.19 * 0.07 = 1.5533 \text{ l}$$

$\beta = 0.07$ para medio portador caloportador

P_e : sobrepresión final admisible (bar)

$$P_e = P_{si} - 0.5 = 6 - 0.5 = 5.5 \text{ bar}$$

P_{si} : presión de escape de la válvula de seguridad (bar)

P_s : presión inicial de nitrógeno del depósito de expansión (bar)

$$P_s = 1.5 + 0.1h = 1.5 + 0.1 * 0.3 = 1.53 \text{ bar}$$

h : altura estática

z : nº de colectores = 1 unidad

V_K : capacidad de los colectores = 3 litros

$$V_N = 9.09 \text{ litros}$$

Como se aprecia es un valor realmente grande ya que supone el 40.97% del volumen total del circuito primario, cuando este valor debe estar entre un 5-10%. Es por ello que esta fórmula parece ser que sólo es válida para instalaciones de gran volumen.

Por ello calcularemos el vaso de expansión según la normativa UNE 100-155 donde se procede de la siguiente manera.

$$V_T = V_a * C_e * C_p$$

Donde:

V_T : volumen total del vaso de expansión

V_a : volumen del circuito primario = 21.19 l

C_e : coeficiente de expansión del fluido = 0.04

C_p : coeficiente de presión, que a su vez es igual

$$C_p = P_M / (P_M - P_M)$$

P_M : presión de tarado de la válvula de expansión = 10bar

P_M : presión de servicio del sistema = 3.5 bar

$$V_T = 1.304 \text{ l}$$

Este resultado supone el 6.15% del volumen total de la instalación. Con este valor se dimensiona un vaso de expansión comercial de 5 litros de capacidad de la casa Salvador Escoda modelo AC04001.



Código	Artículo	Capacidad lts.	Presión máx. trabajo	Presión precarga bar	D mm	H mm	H1 mm	Conexión de agua Ø DIN 259
AC 04 001	5 AMR-E	5	10	1,5	200	265	–	¾"

Los vasos de expansión de membrana fija, están destinados para trabajar en instalaciones de calefacción y en sistemas de refrigeración en circuito cerrado y permiten absorber los aumentos de volumen producidos por la elevación de la temperatura del fluido calefactor.

- La temperatura máxima de funcionamiento es de -10°C +110°C
- La membrana es de caucho sintético, de acuerdo con las características físicas y mecánicas de las normas DIN 4.807
- Estos recipientes están homologados y fabricados cumpliendo normas vigentes. Se suministran con el certificado del ensayo correspondiente a que han sido sometidos.
- Exteriormente los vasos van pintados en color rojo RAL 3013

1.1.5 FLUIDO CALOPORTADOR

El agente anticongelante seleccionado es el FERNOX ALPHI-11 recomendado por el fabricante. El fluido térmico se consigue mezclando el anticongelante con agua. La proporción de mezcla del fluido térmico, se realiza en función de las condiciones climatológicas.

Características:

- protección contra la corrosión y la calcificación
- mantiene la eficiencia del sistema a lo largo de su vida útil.
- Previene la contaminación bacteriana.
- Compatible con todos los metales y materiales comúnmente usados en los sistemas de calentamiento.
- No es tóxico y es respetuoso con el medio ambiente.
- Combina propiedades anticongelantes y de protección.
- Protege agua calentada, enfriada y sistemas solares.

Usos:

El líquido protector Frenos Alphi-11 consiste en una combinación de anticongelante e inhibidor, que proporciona protección durante largo tiempo a los sistemas domésticos de calentamiento contra la formación de corrosión interna y de depósitos de cal. Previene la corrosión de todos los metales empleados en dichos sistemas, como los metales férricos, el cobre y sus aleaciones, y el aluminio. Está principalmente recomendado para su uso en sistemas solares. Para una protección continua se recomienda que los niveles del líquido sean revisados regularmente (de forma anual). Como recomienda el fabricante seleccionaremos la concentración de un 40% de anticongelante ya que será mas que suficiente para la zona climatológica en la que trabajamos.

Concentración	25%	30%	35%	40%
Protección	-11°C	-15°C	-18°C	-22°C

1.2. CIRCUITO SECUNDARIO (ACUMULADORES)

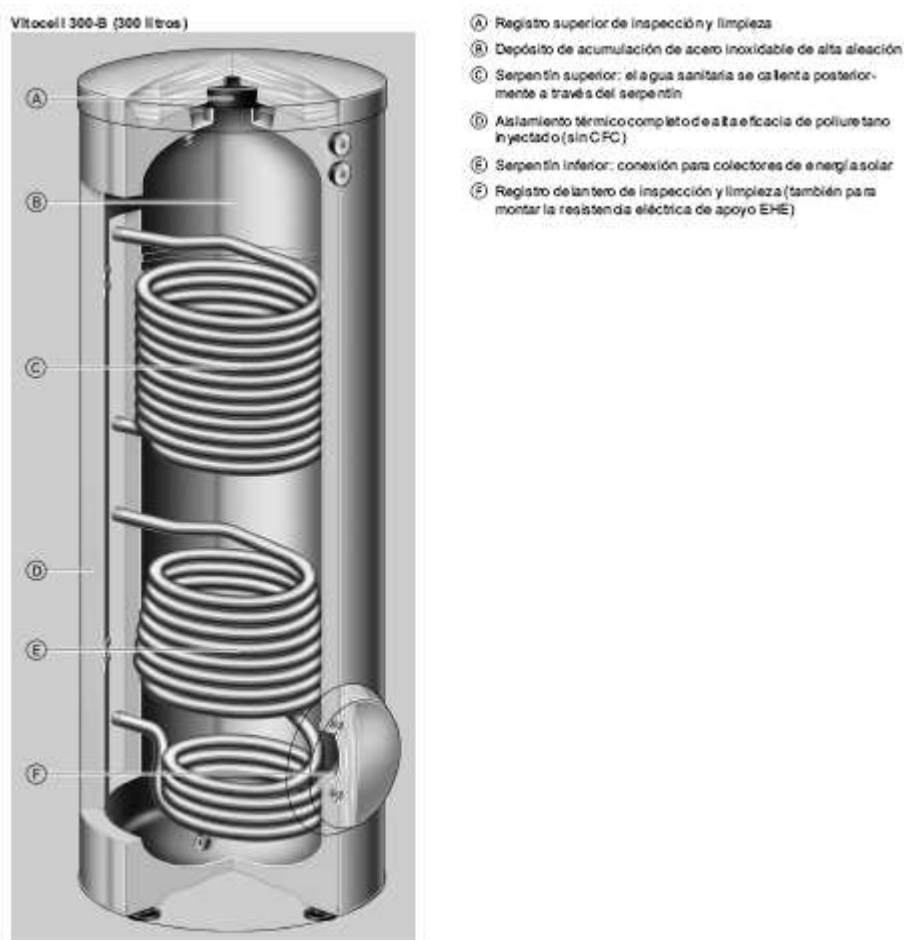
1.2.1 CÁLCULO DEL INTERACUMULADOR PRIMARIO

1.2.1.1 Acumulador

El volumen de acumulación se estima según a la demanda necesaria. Como ya hemos calculado en el primer apartado de esta sección, es de 180 l/día. Por ello escogemos un acumulador de 300l de capacidad, de la casa Viessman el modelo VITOCCELL 300 B EVB

Están fabricados en chapa de acero inoxidable para evitar problemas de oxidación y corrosión, y garantizar una larga vida del depósito.

No precisa ánodo de magnesio como medida suplementaria para evitar la corrosión.



Capacidad del intercambiador			300		500	
Serpentín			Superior	Inferior	Superior	Inferior
Número de registro DIN			0100V03-10MC			
Producción continua			80	93	80	96
Con una producción de A.C.S. de 10 a 45 °C y una temperatura de impulsión del agua de calefacción de ... para los caudales de agua de calefacción que se indican debajo	90 °C	kW	1965	2285	1965	2358
		l/h				
	80 °C	kW	64	72	64	73
		l/h	1572	1769	1572	1793
	70 °C	kW	45	52	45	56
		l/h	1106	1277	1106	1376
	60 °C	kW	28	30	28	37
		l/h	688	737	688	909
	50 °C	kW	15	15	15	18
		l/h	368	368	368	442
Producción continua			74	82	74	81
Con una producción de A.C.S. de 10 a 60 °C y una temperatura de impulsión del agua de calefacción de ... para los caudales de agua de calefacción que se indican debajo	90 °C	kW	1273	1410	1273	1393
		l/h				
	80 °C	kW	54	59	54	62
	l/h	929	1014	929	1066	
	70 °C	kW	35	41	35	43
	l/h	602	705	602	739	
Caudal de agua de calefacción para las producciones continuas indicadas			5,0	5,0	5,0	5,0
Superficie de apertura máxima conectable Vitosol			10		15	
Potencia máx. conectable de una bomba de calor con 55 °C de temperatura de impulsión del agua de calefacción y 45 °C de temperatura de A.C.S.			12		15	
Con el caudal de agua de calefacción especificado (ambos serpentines conectados en serie)						
Aislamiento térmico			Poliuretano inyectado		Espuma blanda de poliuretano	
Consumo por disposición q _{ges} (índice normalizado)			1,17		1,37	
V _{max} (Volumen: parte de disposición de servicio)			149		245	
V _{ext} (Volumen: circuito solar)			151		255	
Dimensiones						
Longitud a	– Con aislamiento térmico	mm	633		923	
	(Ø):					
Anchura b	– Sin aislamiento térmico	mm	–		715	
	– Con aislamiento térmico	mm	704		974	
Altura c	– Sin aislamiento térmico	mm	–		914	
	– Con aislamiento térmico	mm	1779		1740	
Medida de inclinación	– Sin aislamiento térmico	mm	–		1667	
	– Con aislamiento térmico	mm	1821		–	
Peso con aislamiento térmico			114		125	
Volumen de agua de calefacción			11		11	
Superficie de transmisión			1,50		1,45	
Conexiones						
Serpentines			1		1¼	
Agua fría, agua caliente			1		1¼	
Conducto de recirculación			1		1¼	

Siendo el área de captadores solares 1,8 m², la relación existente entre el volumen y el área es de (V/A) 166,66 l/m², valor dentro de los límites establecidos según el CTE HE-4, según la expresión:

$$50 < V/A < 180$$

1.2.1.2 intercambiador

Se diseña la instalación sin un intercambiador de placas físico entre el circuito primario y el secundario. Se realiza una transmisión de calor en el interior del intercambiador entre el fluido caloportador y el agua de red. De todas maneras según el CTE HE-4, se ha de cumplir que:

$$P \geq 500 * A$$

Siendo:

P: potencia mínima del intercambiador (W)

A: área de captadores (m²)

Según esta premisa, el intercambiador tendrá una potencia mínima de 900W

$$P \geq 500 \cdot 1.8 = 900W$$

Como el interacumulador con serpentín elegido tiene potencia desde 35 kW hasta 93 kW, existe un gran margen de maniobra.

1.2.2 ACUMULADOR SECUNDARIO

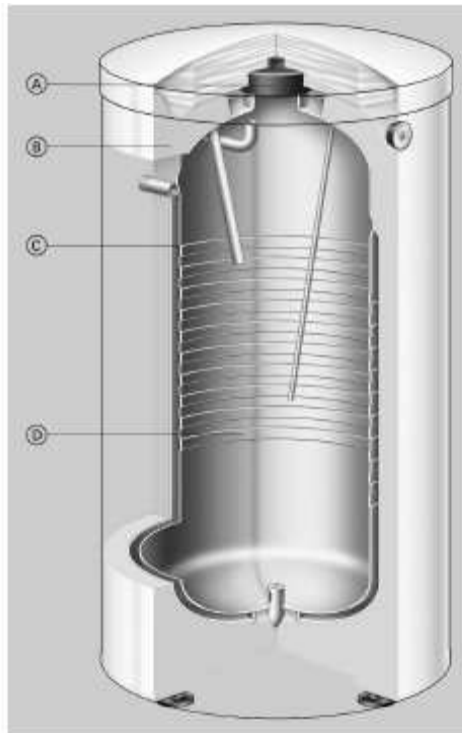
El acumulador secundario se coloca en serie tras el acumulador del circuito primario. Su misión es la de actuar como apoyo al intercambiador principal y efectuar aportaciones caloríficas al agua caliente cuando este primer circuito no pueda suministrarlas. Por ello interviene la caldera, la cual está regida por una válvula termostática para dosificar su acción.

Se eligió como acumulador principal un VITOCCELL 300W EVA de 200l de capacidad, es por ello que con la colocación de otro acumulador de menor volumen es suficiente para albergar el caudal del sistema. Por ello se elige un acumulador de 160l de capacidad de la casa Viessman e idéntico modelo, Vitocell 300 W EVA.

Sus principales ventajas son:

- larga vida útil gracias a un depósito de acumulación resistente a la corrosión de acero inoxidable de alta aleación y primera calidad.
- Altamente higiénico y compatible con los alimentos gracias a la alta calidad de su superficie interna.
- No se precisa ánodo de protección como medida suplementaria contra la corrosión evitando así costes adicionales.
- Calentamiento de todo el volumen de agua a través de superficies de transmisión que llegan hasta el fondo del interacumulador.

- Máximo confort del ACS gracias al calentamiento rápido y uniforme mediante superficies de transmisión de grandes dimensiones.
- Bajas pérdidas de calor mediante aislamiento térmico completo de alta eficacia (sin CFC)



- (A) Registro de inspección y limpieza (C) Superficie de transmisión de acero inoxidable de alta aleación
 (B) Aislamiento térmico completo (sin CFC) (D) Depósito de acumulación de acero inoxidable de alta aleación

Datos técnicos Vitocell 300-W (modelo EVA)

Datos técnicos

- Vertical situado al lado de la caldera.
- Con calentamiento exterior, de acero inoxidable de alta aleación.

(Para más datos, véanse los Datos técnicos del Vitocell 300-V que vienen por separado)

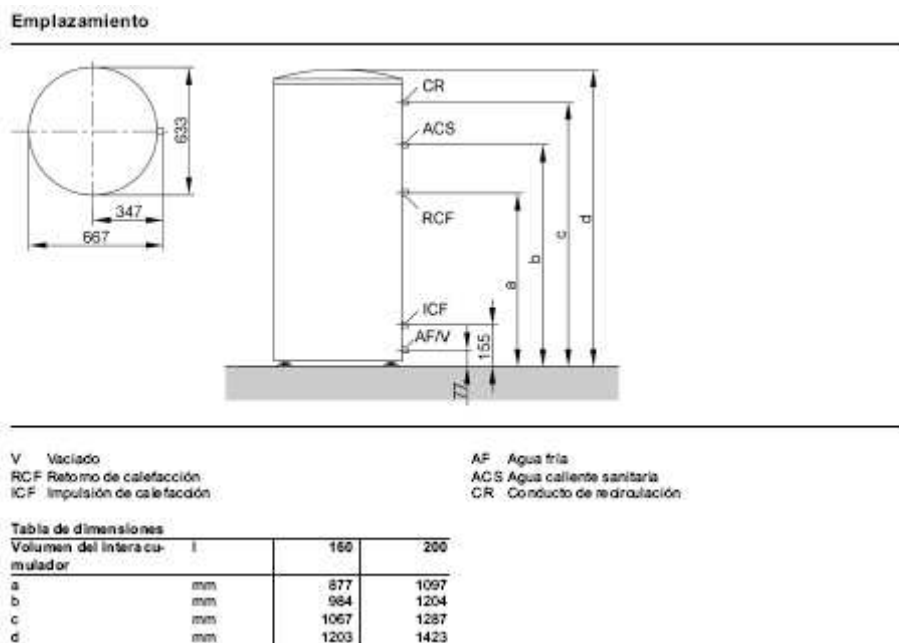
Volumen	l	160	200
Nº registro DIN		0166/04-10 MC	
Conexiones			
Impulsión y retorno del agua de calefacción	R	1	1
A.C.S. y agua fría	R	¾	¾
Conducto de recirculación	R	½	½
Presión de servicio adm.			
– En el circuito primario de caldera	bar	3	3
– En el circuito secundario de A.C.S.	bar	10	10
Temperaturas admisibles			
– En el circuito primario de caldera	°C	110	110
– En el circuito secundario de A.C.S.	°C	95	95
Consumo por disposición**1	kWh/24 h	1,40	1,60
q _{ss} con una diferencia de temperatura de 45 K			
Dimensiones			
Longitud (L)	mm	633	633
Anchura	mm	667	667
Altura d	mm	1203	1423
Peso	kg	84	98

Su conexionado al circuito se realizará con los siguientes elementos:

- Entrada de ACS y agua fría macho 1/4"
- Entrada y salida caldera 1" macho
- Recirculación ACS 1/2" macho

Conexionado al circuito.

- entrada de ACS y agua fría: macho 3/4"
- entrada y salida caldera 1" macho
- recirculación ACS 1/2" macho



1.2.3 BOMBA DE IMPULSIÓN

Se van a hacer los mismos cálculos que se hicieron para dimensionar la bomba del circuito primario, y utilizaremos las mismas gráficas proporcionadas por la casa salvador Escoda S.A.

$$H_B = L_T H_{cl} + \sum k(v^2/2g) + (Z_2 - Z_1)$$

Donde:

L_T : longitud total del circuito primario = 51.945 m

H_{cl} : pérdida de carga por metro de tubo = 12 mm c.a./m

Z_2-Z_1 : pérdidas por altura geométrica = 3 m

K: factor de pérdida característico de cada elemento.

K: codos de 90°: 0,75

Nº de codos = 18

K: válvulas esféricas: 10

Nº de válvulas = 5

K: válvulas antiretorno: 2,5

Nº de válvulas = 2

K: válvula termostática: 2,8

Nº de válvulas = 1

K: válvula de seguridad: 1,8

Nº de válvulas = 3

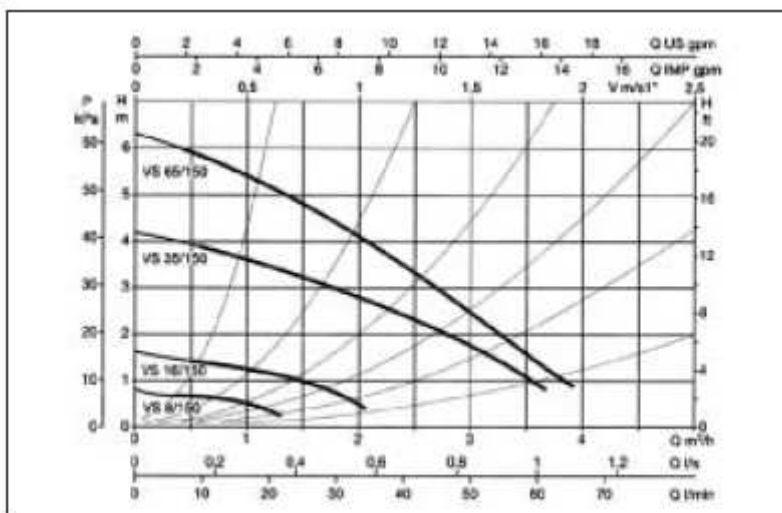
K: válvula T de tres y cuatro vías: 1,8

Nº de válvulas = 20

Con estos cálculos se obtiene una altura de bomba de:

$$H_B = 3,63 \text{ m}$$

Se procederá a la colocación de una bomba bastante más pequeña que la del circuito primario debido a que la altura que hay que salvar no es la de toda la casa, únicamente hasta la segunda planta desde la sala de calderas. Por ello se ha seleccionado una bomba de la casa Salvador Escoda S.A. Por medio de la siguiente gráfica proporcionada por el fabricante escogemos el modelo y vemos sus respectivas características.



En este caso se empleará el modelo VS 35/150 determinado por la misma gráfica. Se procederá a la colocación de la bomba en la salida del acumulador secundario.

1.2.4 VASO DE EXPANSIÓN

Se calculará el vaso de expansión nuevamente según la normativa UNE 100-155, donde se procede de la siguiente manera:

$$V_T = V_a * C_e * C_p$$

Donde:

V_T = Volumen total del vaso de expansión

V_a = Volumen del circuito secundario

$$V_a = (V/m^2) * L_{\text{circuito}} = \pi r^2 * L = 16,31 \text{ l}$$

C_e = coeficiente de expansión del fluido (agua a 55°C) = 0.07 l

C_p = coeficiente de presión, que a su vez es igual:

$$C_p = P_M / P_M - P_S$$

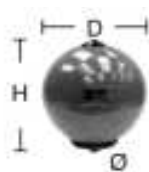
Donde:

PM = presión de tarado de la válvula de expansión = 10 bar

PS = presión de servicio de sistema = 3.5 bar

$$VT = 1.003 \text{ l}$$

Este resultado supone el 6.15% del volumen total de la instalación. Con este valor se dimensiona un vaso de expansión comercial de 5 litros de capacidad de la casa Salvador Escoda modelo AC04001.



Código	Artículo	Capacidad lts.	Presión máx. trabajo	Presión precarga bar	D mm	H mm	H1 mm	Conexión de agua Ø DIN 259
AC 04 001	5 AMR-E	5	10	1,5	200	265	—	¾"

Los vasos de expansión de membrana fija, están destinados para trabajar en instalaciones de calefacción y en sistemas de refrigeración en circuito cerrado y permiten absorber los aumentos de volumen producidos por la elevación de la temperatura del fluido calefactor.

- La temperatura máxima de funcionamiento es de -10°C +110°C
- La membrana es de caucho sintético, de acuerdo con las características físicas y mecánicas de las normas DIN 4.807
- Estos recipientes están homologados y fabricados cumpliendo normas vigentes. Se suministran con el certificado del ensayo correspondiente a que han sido sometidos.
- Exteriormente los vasos van pintados en color rojo RAL 3013

1.2.5 TUBERÍAS

Se instalarán el mismo tipo de tuberías que en el circuito primario para el transporte de agua caliente a los puntos de consumo. Cobre de diámetro 20 mm.

1.3. CIRCUITO PRIMARIO (CALDERA-ACS)

1.3.1 TUBERÍAS

Las tuberías que se instalarán en este circuito serán de mayor diámetro (25 mm), así el caudal de agua por sección de tubería será mayor, de tal manera que se podrá transportar mayor cantidad de agua caliente por unidad de tiempo, y así responder con mayor velocidad ante una necesidad de aporte calorífico en el acumulador secundario.

De la misma gráfica que la empleada con anterioridad obtenemos su pérdida de carga lineal (15 mm c.a./m) para continuar con los cálculos del resto de componentes.

La velocidad también será la recomendada por el fabricante de 0,4 m/s.

1.3.2 CALDERA

El sistema de apoyo convencional se diseñará como si no existiera la instalación de energía solar. Se asumirá un depósito de acumulación del secundario de menor capacidad que el primario. Para dicho volumen de acumulación y asumiendo la demanda energética máxima en un día (180l/día) además de una temperatura del agua de red la mas baja posible y sin ninguna aportación de los paneles solares, tomamos una caldera con una eficiencia de un 90% y admitimos unas pérdidas por día en el acumulador de 10%.

Calculamos el calor necesario para elevar la temperatura de toda la mas de líquido del sistema, desde la temperatura de red mas desfavorable 5°C a 60°C.

$$Q_c = \dot{V} * C_e * \Delta T$$

Donde:

Q_c : calor proporcionado por la caldera

\dot{V} : flujo másico de líquido (l/s)

ΔT : variación de temperatura (°C)

También hay que tener en cuenta el rendimiento de la caldera.

$$P_c = Q_c / \eta = 7.37 \text{ Kw}$$

A este resultado debe añadirse una potencia extra correspondiente al 10% del total de pérdidas en el acumulador, por lo tanto se obtendrá una caldera con una potencia de:

$$P_c = 7.72 \text{ Kw}$$

Este valor se añadirá a la potencia necesaria para la calefacción por suelo radiante, para instalar una única caldera capaz de abastecer a las dos posibles demandas independientemente.

1.3.3 BOMBA

Se van a realizar los mismos cálculos que se hicieron para dimensionar la bomba del circuito primario, y utilizaremos las mismas gráficas proporcionadas por la casa Salvador Escoda S.A.

$$(V_1^2/2g) + (P_1/\gamma) + Z_1 = (V_2^2/2g) + (P_2/\gamma) + Z_2 + H_{r12} + H_B$$

$$H_B = L_T H_{cl} + \sum k(v^2/2g) + (Z_2 - Z_1)$$

Donde:

L_T : longitud total del circuito = 2 m

H_{cl} : pérdida de carga por metro de tubo = 15 mm c.a./m

$Z_2 - Z_1$: pérdidas por altura geométrica = 0 m

K: factor de pérdida característico de cada elemento.

K: codos de 90°: 0,75

Nº de codos = 6

K: válvulas esféricas: 10

Nº de válvulas = 3

K: válvulas antiretorno: 2,5

Nº de válvulas = 1

K: válvula termostática: 2,8

Nº de válvulas = 1

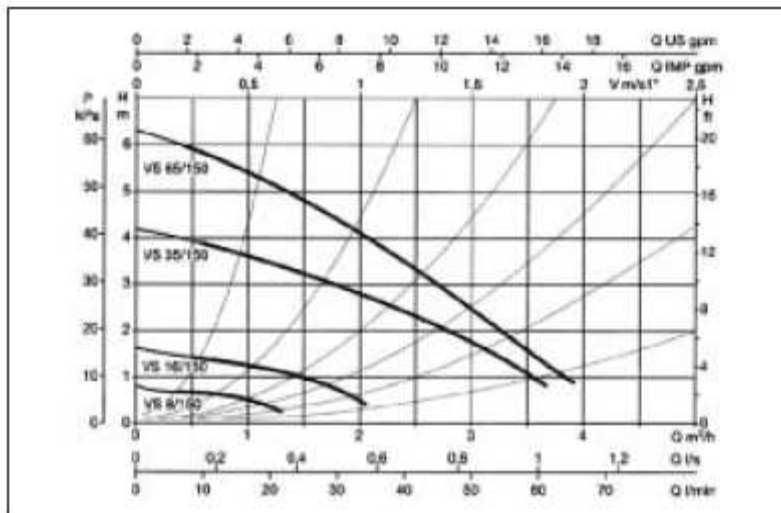
K: válvula de seguridad: 1,8

Nº de válvulas = 1

Con estos cálculos se obtiene una altura de bomba de:

$$H_B = 0,033 \text{ m}$$

Se ha seleccionado una bomba de la casa Salvador Escoda S.A. Por medio de la siguiente gráfica proporcionada por el fabricante escogemos el modelo y vemos sus respectivas características. Se tiene un caudal de 0.03 l/s y la altura calculada es de 0,032 m.





Se procederá a la colocación del mismo tipo de bomba que el ubicado en el circuito secundario, pero de menor potencia. En este caso se empleará el modelo VS 8/150.

1.3.4 VASO DE EXPANSIÓN

Se calculará el vaso de expansión nuevamente según la normativa UNE 100-155, donde se procede de la siguiente manera:

$$V_T = V_a * C_e * C_p$$

Donde:

V_T = Volumen total del vaso de expansión

V_a = Volumen del circuito secundario

$$V_a = (V/m^2) * L_{\text{circuito}} = \pi r^2 * L = 0.981 \text{ l}$$

C_e = coeficiente de expansión del fluido (agua a 55°C) = 0.07 l

C_p = coeficiente de presión, que a su vez es igual:

$$C_p = P_M / P_M - P_S$$

Donde:

PM = presión de tarado de la válvula de expansión = 10 bar

PS = presión de servicio de sistema = 3.5 bar

$$VT = 0.06 \text{ l}$$

Este resultado supone el 6,15% del volumen total de la instalación. Con este valor se dimensiona un vaso de expansión comercial de 5 litros de capacidad de la casa Salvador Escoda modelo AC04001.



Código	Artículo	Capacidad lts.	Presión máx. trabajo	Presión precarga bar	D mm	H mm	H1 mm	Conexión de agua Ø DIN 259
AC 04 001	5 AMR-E	5	10	1,5	200	265	—	¾"

Los vasos de expansión de membrana fija, están destinados para trabajar en instalaciones de calefacción y en sistemas de refrigeración en circuito cerrado y permiten absorber los aumentos de volumen producidos por la elevación de la temperatura del fluido calefactor.

- La temperatura máxima de funcionamiento es de -10°C +110°C
- La membrana es de caucho sintético, de acuerdo con las características físicas y mecánicas de las normas DIN 4.807
- Estos recipientes están homologados y fabricados cumpliendo normas vigentes. Se suministran con el certificado del ensayo correspondiente a que han sido sometidos.
- Exteriormente los vasos van pintados en color rojo RAL 3013

2. CODIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

2.1. APLICABILIDAD

Ya que el porcentaje de huecos en cada fachada es inferior al 60% de su superficie, se escoge para la realización del proyecto la Opción Simplificada.

2.2. CUMPLIMIENTO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

2.2.1 DETERMINACIÓN DE LA ZONA CLIMÁTICA.

La vivienda unifamiliar donde vamos a realizar la instalación de la calefacción se encuentra en la localidad navarra de Tiebas. Según el CTE se encuentra en la misma zona climática que la capital, la D1, ya que se encuentran a la misma altitud.

2.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS

Los espacios que componen este edificio son espacios habitables con baja carga interna e higrometría 3 o inferior. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

2.2.3 ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO

La envolvente térmica del edificio, son los cerramientos del edificio que separan los recintos habitables de los no habitables en contacto con el ambiente exterior, y se compondrá de:

- Los suelos de la planta baja, a excepción del ocupado por el garaje.
- Las paredes que limitan la planta baja con el exterior y con la zona no habitable (garaje)
- Las paredes de la planta superior que limitan con el exterior.
- El techo de la planta superior.

El espacio entre la primera planta y la cubierta es un espacio no habitable, por tanto es el techo de dicha planta y no la cubierta, la que define la envolvente térmica. También se tiene en cuenta que el muro colindante con la vivienda adyacente no tiene pérdidas de calor ya que la temperatura a ambos lados del elemento separador se considera igual y no se considera parte de la envolvente térmica.

La vivienda en estudio tiene la siguiente distribución:

CUADRO DE SUPERFICIES UTILES

PLANTA BAJA

CONCEPTO	SUPERFICIE
Trastero	4,70 m2
Garaje	18,39 m2
Salon- Comedor	34,21 m2
Aseo	3,29 m2
Paso	4,54 m2
Armario	1,42 m2
Vestíbulo	4,95 m2
Cocina	11,08 m2
Dormitorio 1	10,81 m2

1ª PLANTA

CONCEPTO	SUPERFICIE
Dormitorio 2	18,70 m2
Baño 2	7,03 m2
Baño 1	5,61 m2
Paso	4,60 m2
Escalera	6,00 m2
Dormitorio 3	11,79 m2
Dormitorio 4	13,09 m2

SUPERFICIE UTIL TOTAL **160,21 m2**

Los cerramientos de la vivienda son los siguientes:

A. VENTANAS Y PUERTAS

ALZADO	TIPO	UDS	DIMENSIONES (m)	SUPERFICIE (m2)
NORDESTE	V1	4	1,63X1,25	8,16
NORDESTE	PE	1	1,00X2,10	2,1
SUROESTE	V2	1	0,75X1,25	0,94
SUROESTE	P1	2	1,58X2,05	6,48
SUROESTE	V3	1	2,12X1,25	2,65
SURESTE	V4	1	1,00X1,25	1,25

TOTAL VENTANAS Y PUERTAS

21,58 m2

B. CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL EXTERIOR

B.1 Fachada Nordeste

Superficie total – Superficie cerramientos
 $47,26 \text{ m}^2 - 16,20 \text{ m}^2 = 31,06 \text{ m}^2$
 Total fachada nordeste = 31,06 m2

B.2 Fachada Suroeste

Superficie total – Superficie cerramientos
 $47,26 \text{ m}^2 - 11,88 \text{ m}^2 = 35,38 \text{ m}^2$
 Total fachada Suroeste = 35,38 m2

B.3 Fachada Sureste

Superficie total – Superficie cerramientos

$81,60 \text{ m}^2 - 1,25 \text{ m}^2 = 80,35 \text{ m}^2$
Total fachada Sureste = 80,35 m²

TOTAL FACHADA EXTERIOR

146,79 m²

C. CERRAMIENTOS DE SEPARACIÓN CON OTROS EDIFICIOS O LOCALES NO CALEFACTADOS

A. Medianería Noroeste

Total fachada noroeste = 81,60 m²

B. Puerta entre vivienda y garaje

Dimensiones 0,80x2,10 m.
Total sup. = 1,68 m²

C. Tabique con garaje y trastero

Total tabique = Sup separación – sup. Puerta = 20,79-1,68
Total sup. = 19,11 m²

TOTAL SUPERFICIE

102,39 m²

D. CERRAMIENTOS DE FORJADOS SOBRE ESPACIOS ABIERTOS

A. Vuelos

Alzado Suroeste + alzado Nordeste = 11,56 m²

TOTAL SUPERFICIE

11,56 m²

E. CERRAMIENTO DE TECHO Y CUBIERTA

A. Cubierta

TOTAL SUPERFICIE

155,23 m²

F. CERRAMIENTOS DE SEPARACION CON EL TERRENO

A. Solera

TOTAL SUPERFICIE

81,32 m²

2.2.4 CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LOS CERRAMIENTOS

Para realizar los cálculos de los parámetros básicos de la demanda, se seguirán los pasos detallados en el apéndice E del Documento Básico HE ahorro de energía apartado 1: “limitación de la demanda energética”.

Tras ello se comprobará el resultado con los valores de la tabla 2.1 del HE1 que marca la transmitancia máxima de cada cerramiento para la zona climática en la que se encuentra, en este caso la D:

Tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m²K

Cerramientos y particiones interiores	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con espacios <i>no habitables</i> , primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos ⁽²⁾	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas ⁽³⁾	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

2.2.4.1. Cerramientos en contacto con el ambiente exterior.

Este cálculo es aplicable a la parte opaca de todos los cerramientos en contacto con el ambiente exterior tales como muros de fachada, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior.

La transmitancia térmica U (W/m²K) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = 1/Rt$$

Siendo:

- Rt: resistencia térmica total del componente constructivo (m²K/W)

La resistencia térmica total Rt de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión:

$$Rt = Rsi + R1 + R2 + \dots + Rn + Rse$$

Siendo:

- R1, R2, ...Rn las resistencias térmicas de cada capa definidas según la expresión (E.3) (m²K/W)
- Rsi y Rse las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas en la tabla E.1 de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio (m²K/W).

La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R = e/\lambda$$

Siendo:

- e: espesor de la capa (m)
- λ : la conductividad térmica (W/mK). En caso de una capa de espesor variable, se considerará el espesor medio. La conductividad térmica de diseño del material que compone la capa calculada a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o tomada de Documentos Reconocidos (W/mK)

Para las cámaras de aire existentes entre las diversas capas de los cerramientos en los casos aquellos que sean sin ventilación, obtendremos el valor de la resistencia térmica de la siguiente tabla. (Código técnico de la edificación HE 1 apéndice E)

Tabla E.2 Resistencias térmicas de cámaras de aire en m² K/W

e (cm)	Sin ventilar	
	horizontal	vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
5	0,16	0,18

FACHADA

MATERIAL	ESPESOR	CONDUCTIVIDAD (W/mK)	TRANSMITANCIA TERMICA (m2K/W)
Fabrica de ladrillo perforado	0,120	0,490	0,2449
Mortero de cemento	0,010	1,300	0,0077
Poliestireno expandido	0,050	0,041	1,2195
Cámara de aire no ventilada	0,015		0,1600
Fábrica de ladrillo hueco	0,070	0,220	0,3182
Enlucido de yeso	0,010	0,300	0,0333

Cerramientos verticales con flujo horizontal.

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_{se} = 2,25 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/R_t = 0,444 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,86 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

VUELO

MATERIAL	ESPESOR	CONDUCTIVIDAD (W/mK)	TRANSMITANCIA TERMICA (m ² K/W)
Maderas frondosas	0,010	0,180	0,0556
Hormigón celular con aridos silíceos	0,050	1,150	0,0435
Poliestireno expandido	0,050	0,038	1,3158
Forjado	0,300	1,650	0,1818

Cerramientos verticales con flujo horizontal.

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

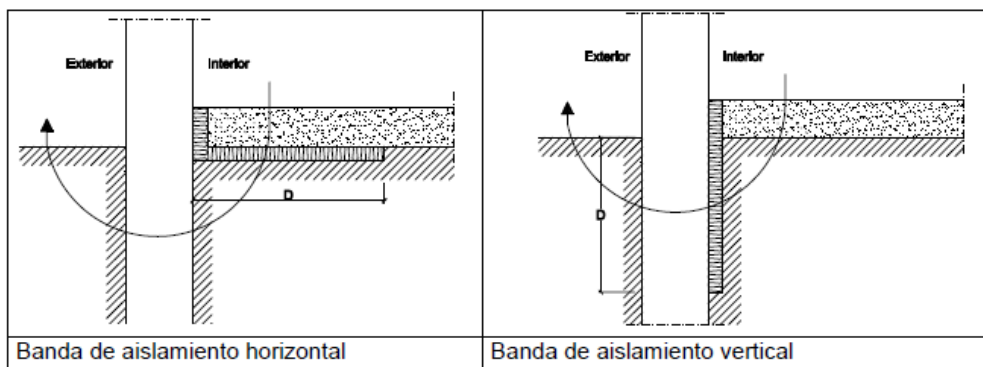
$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{se} = 1,767 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/R_t = 0,566 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,86 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

2.2.4.2 Cerramientos en contacto con el terreno

La transmitancia térmica U_s (W/m²K) se obtendrá de la tabla E.3 en función del ancho D de la banda de aislamiento perimétrico, de la resistencia térmica del aislante R_a calculada mediante la expresión E.3, y la longitud característica B' de la solera o losa. Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

Figura E.1. Soleras con aislamiento perimetral



Se define la longitud característica B' como el cociente entre la superficie del suelo y la longitud de su semiperímetro, según la expresión:

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2}P}$$

Siendo:

- P : la longitud del perímetro de la solera (m) = 38,98 m
- A : el área de la solera (m²) = 86,37 m²

Con estos datos obtenemos:

$$B' = 4,43$$

Para soleras o losas sin aislamiento térmico, la transmitancia térmica U_s se tomará de la columna $R_a = 0 \text{ m}^2\text{K/W}$ en función de su longitud característica B' .

Para soleras o losas con aislamiento continuo en toda su superficie se tomarán los valores de la columna $D \geq 1,5 \text{ m}$, el cual es el caso en el que se encuentra.

La transmitancia térmica del primer metro de losa o solera, se obtendrá de la fila $B' = 1$. (Código técnico de la edificación HE 1 apéndice E)

Tabla E.3 Transmitancia térmica U_s en $\text{W/m}^2 \text{K}$

B'	R_a	$D = 0.5 \text{ m}$					$D = 1.0 \text{ m}$					$D \geq 1.5 \text{ m}$				
		$R_a (\text{m}^2 \text{K/W})$					$R_a (\text{m}^2 \text{K/W})$					$R_a (\text{m}^2 \text{K/W})$				
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
≥ 20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20

Para las cámaras de aire existentes entre las diversas capas de los cerramientos en los casos aquellos que sean sin ventilación, obtendremos el valor de la resistencia térmica de la siguiente tabla. (Código técnico de la edificación HE 1 apéndice E)

Tabla E.2 Resistencias térmicas de cámaras de aire en $\text{m}^2 \text{K/W}$

$e (\text{cm})$	Sin ventilar	
	horizontal	vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
5	0,16	0,18

SOLERA 1

MATERIAL	ESPESOR	CONDUCTIVIDAD (W/mK)	TRANSMITANCIA TÉRMICA ($\text{m}^2\text{K/W}$)
Azulejo cerámico	0,020	1,300	0,0154
Mortero de cemento	0,025	1,300	0,0192
Hormigón celular con áridos silíceos	0,060	1,150	0,0522
Poliestireno expandido	0,050	0,038	1,3158
Forjado	0,300	1,650	0,1818

Cerramientos horizontales de separación con el exterior y con flujo descendente:

$$R_{si} = 0.17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{se} = 1.794 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Con este valor de resistencia térmica y $b=5$ entro en la tabla e interpolo en $D \geq 1,5$ m.

Se obtiene un resultado de:

$$U = 0.482 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U = 0.482 \text{ W/m}^2\text{K} < 0.64 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

SOLERA 2

MATERIAL	ESPEJOR	CONDUCTIVIDAD (W/mK)	TRANSMITANCIA TERMICA (m2K/W)
Parquet	0,015	0,170	0,0882
Hormigón celular con áridos silíceos	0,060	1,150	0,0522
Poliestireno expandido	0,050	0,038	1,3158
Forjado	0,300	1,650	0,1818

Cerramientos horizontales de separación con el exterior y con flujo descendente:

$$R_{si} = 0.17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{se} = 1.848 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Con este valor de resistencia térmica y $b=5$ entro en la tabla e interpolo en $D \geq 1,5$ m.

Se obtiene un resultado de:

$$U = 0.479 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U = 0.479 \text{ W/m}^2\text{K} < 0.64 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

2.2.4.3 Particiones interiores en contacto con espacios no habitables

La transmitancia térmica U ($\text{W/m}^2\text{K}$) viene dada por la siguientes expresión:

$$U = U_p b$$

Siendo:

- U_p la transmitancia térmica de la partición interior en contacto con el espacio no habitable, calculada según el apartado E.1.1, tomando como resistencias superficiales los valores de la tabla E.6 ($\text{W/m}^2\text{K}$).

- b el coeficiente de reducción de temperatura (relacionado al espacio no habitable) obtenido por la tabla E.6 para los casos concretos que se citan o mediante el procedimiento descrito.

Tabla E.6 Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores en m^2K/W

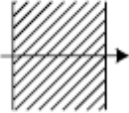
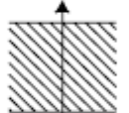

Posición de la partición interior y sentido del flujo de calor		R_{se}	R_{si}
Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal		0,13	0,13
Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente		0,10	0,10
Particiones interiores horizontales y flujo descendente		0,17	0,17

Tabla E.7 Coeficiente de reducción de temperatura b

A_{lu}/A_{us}	No aislado _{us} -Aislado _{lu}		No aislado _{us} -No aislado _{lu}		Aislado _{us} -No aislado _{lu}	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
<0.25	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
$0.25 \leq 0.50$	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
$0.50 \leq 0.75$	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
$0.75 \leq 1.00$	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
$1.00 \leq 1.25$	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
$1.25 \leq 2.00$	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
$2.00 \leq 2.50$	0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59
$2.50 \leq 3.00$	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
>3.00	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50

Para las cámaras de aire existentes entre las diversas capas de los cerramientos en los casos aquellos que sean sin ventilación, obtendremos el valor de la resistencia térmica de la siguiente tabla. (Código técnico de la edificación HE 1 apéndice E)

Tabla E.2 Resistencias térmicas de cámaras de aire en $m^2 K/W$

e (cm)	Sin ventilar	
	horizontal	vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
5	0,16	0,18

TABIQUE

MATERIAL	ESPESOR	CONDUCTIVIDAD (W/mK)	TRANSMITANCIA TERMICA (m2K/W)
Enlucido de yeso	0,010	0,300	0,0333
Fábrica de ladrillo hueco	0,070	0,220	0,3182
Mortero de cemento	0,010	1,300	0,0077
Cámara de aire no ventilada	0,015		0,1600
Lana mineral	0,040	0,040	1,0000
Fábrica de ladrillo hueco	0,070	0,220	0,3182
Enlucido de yeso	0,010	0,300	0,0333

$$R_{si} = 0.13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0.13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_{se} = 2.131 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/R_t = 0.469 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Cálculo de coeficiente de reducción de temperatura b

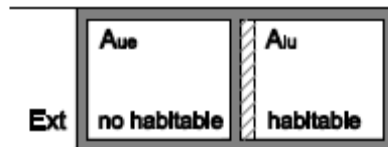


Figura E.6 Espacios habitables en contacto con espacios no habitables

NOTA: El subíndice *ue* se refiere al cerramiento entre el espacio *no habitable* y el exterior;
El subíndice *iu* se refiere a la partición interior entre el espacio habitable y el espacio no habitable.

$$A_{iu} = 7.08 \times 2.7 = 19.11 \text{ m}^2$$

$$A_{ue} = 13.33 \times 2.7 = 35.991 \text{ m}^2$$

$$A_{iu}/A_{ue} = 0.534 \text{ m}^2 \text{ (} 0.50 \leq 0.75 \text{)}$$

Tabla E7: $b = 0.96$

$$U = U_p b = 0.450 \text{ W/m}^2\text{K} < 0.86 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

CUBIERTA

MATERIAL	ESPESOR	CONDUCTIVIDAD (W/mK)	TRANSMITANCIA TERMICA (m2K/W)
Lana mineral	0,100	0,040	2,5000
Forjado	0,300	1,650	0,1818
Enlucido de yeso	0,010	0,300	0,0333

$$R_{si} = 0.1 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0.1 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_{se} = 2.916 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/R_t = 0.343 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Cálculo de coeficiente de reducción de temperatura b

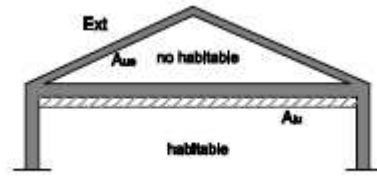


Figura E.6 Espacios habitables en contacto con espacios no habitables

NOTA: El subíndice *ue* se refiere al cerramiento entre el espacio *no habitable* y el exterior;
El subíndice *iu* se refiere a la partición interior entre el espacio habitable y el espacio no habitable.

$$A_{iu} = 6.0 \times 13,5 = 81,00 \text{ m}^2$$

$$A_{ue} = (7.45 + 7.36) \times 6,0 = 88,86 \text{ m}^2$$

$$A_{iu}/A_{ue} = 0,91 \text{ m}^2 (0.75 \leq 1)$$

Tabla E7: $b = 0.97$

$$U = U_p b = 0.333 \text{ W/m}^2\text{K} < 0.49 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

2.2.4.4 Puentes térmicos

PILARES

MATERIAL	ESPESOR	CONDUCTIVIDAD (W/mK)	TRANSMITANCIA TERMICA (m2K/W)
Fabrica de ladrillo perforado	0,040	0,520	0,0769
Pilar de hormigon	0,300	1,650	0,1818
Poliestireno expandido	0,030	0,041	0,7317
Cámara de aire no ventilada	0,015		0,1600
Fábrica de ladrillo hueco	0,070	0,440	0,1591
Enlucido de yeso	0,010	0,400	0,0250

Son todos aquellos que se encuentran en la fachada del edificio, y se calcula como cerramientos verticales con flujo horizontal:

$$R_{si} = 0.13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_{se} = 1.504 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/R_t = 0.664 \text{ W/m}^2\text{K}$$

CANTO DE FORJADO 1

MATERIAL	ESPESOR	CONDUCTIVIDAD (W/mK)	TRANSMITANCIA TERMICA (m2K/W)
Fabrica de ladrillo perforado	0,040	0,520	0,0769
Mortero de cemento	0,020	1,300	0,0154
Zuncho de hormigon	0,300	1,650	0,1818
Poliestireno expandido	0,030	0,041	0,7317
Hormigón celular con áridos silíceos	0,060	1,150	0,0522
Parquet	0,015	0,170	0,0882

Cerramiento vertical con flujo horizontal:

$$R_{si} = 0.13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_{se} = 1.316 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/R_t = 0.759 \text{ W/m}^2\text{K}$$

CANTO DE FORJADO 2

MATERIAL	ESPESOR	CONDUCTIVIDAD (W/mK)	TRANSMITANCIA TERMICA (m2K/W)
Fabrica de ladrillo perforado	0,040	0,490	0,0816
Mortero de cemento	0,020	1,300	0,0154
Zuncho de hormigon	0,300	1,650	0,1818
Vidrio celular	0,020	0,042	0,4762
Enlucido de yeso	0,010	0,300	0,0333

Cerramiento vertical con flujo horizontal:

$$R_{si} = 0.13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_{se} = 0.958 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/R_t = 1.043 \text{ W/m}^2\text{K}$$

2.2.4.5 Huecos y lucernarios

La transmitancia térmica de los huecos UH (m²K/W) se determinará mediante la siguiente expresión:

$$U_H = (1-FM) U_{H,V} + FM U_{H,m}$$

Siendo:

- U_{H,V} la transmitancia térmica de la parte semitransparente (m²K/W)
- U_{H,m} la transmitancia térmica del marco de la ventana, puerta o lucernario (m²K/W)
- FM la fracción de hueco ocupada por el marco.

TIPO VENTANAS

Todas las ventanas de las viviendas se realizarán con los siguientes materiales:

- Carpintería de aluminio CORTIZO COR 70 U_{H,m} = 2.70 (m²K/W)
- Vidrio AISLAGLAS. Doble acristalamiento 6/14/4 GUARDIAN SUN.
U_{H,V} = 1.1 (m²K/W)

Lo que las va a diferenciar va a ser la forma, es decir, la fracción del hueco ocupada por el marco. Se observa en la siguiente tabla:

ALZADO	SUPERFICIE (m2)	SUPERFICIE VIDRIO (m2)	FRACCION DE HUECO (Fm)	TRANSMITANCIA TÉRMICA (W/m2K)
NORDESTE	8,16	5,93	27,33%	1,54
SUROESTE	0,94	0,64	31,91%	1,61
SUROESTE	6,48	4,84	25,31%	1,50
SUROESTE	2,65	2,07	21,89%	1,45
SURESTE	1,25	0,92	26,40%	1,52

Factor solar modificado en huecos

El factor solar modificado en huecos FH se determina mediante la siguiente expresión:

$$F = F_S \cdot [(1 - FM) \cdot g_{\perp} + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha]$$

Siendo:

- FS el factor de sombra del hueco obtenido de las tablas E11 a E15. En caso de que no se justifique adecuadamente se debe considerar la unidad.
- FM la fracción del hueco ocupada por el marco
- G_{\perp} el factor solar de la parte semitransparente del hueco
- Um la transmitancia térmica del marco del hueco
- α absorptividad del marco obtenida en la tabla E10

Tabla E.10 Absortividad del marco para radiación solar α

Color	Claro	Medio	Oscuro
Blanco	0,20	0,30	---
Amarillo	0,30	0,50	0,70
Beige	0,35	0,55	0,75
Marrón	0,50	0,75	0,92
Rojo	0,65	0,80	0,90
Verde	0,40	0,70	0,88
Azul	0,50	0,80	0,95
Gris	0,40	0,65	---
Negro	---	0,96	---

Sustituyendo en la ecuación:

$$F = 1 - [(1 - F_m) 0,72 + F_m 0,04 \cdot 2,7 \cdot 0,2]$$

ALZADO	FRACCION DE HUECO (Fm)	TRANSMITANCIA TÉRMICA (W/m2K)	FACTOR SOLAR MODIFICADO
NORDESTE	27,33%	1,54	0,47
SUROESTE	31,91%	1,61	0,50
SUROESTE	25,31%	1,50	0,46
SUROESTE	21,89%	1,45	0,43
SURESTE	26,40%	1,52	0,46

PUERTA ENTRADA

Carpintería de madera maciza de roble. Cerramiento de separación con el exterior y flujo horizontal.

$$R1 = 0.47 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_t = R_{si} + R1 + R_{se} = 0.64 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/R_t = 1.562 \text{ W/m}^2\text{K}$$

2.2.5 LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

Comprobación de que los parámetros característicos medios son inferiores a los valores límite.

SINTESIS DEL PROCEDIMIENTO DE COMPARACIÓN CON LOS VALORES LÍMITE

Cerramientos y particiones interiores	Componentes		Parámetros característicos	Parámetros característicos medios (W/m2K)	Comparación con los valores límite (W/m2K)
CUBIERTA	C2	En contacto con un espacio no habitable	UC2 = 0,333 AC2 = 155,23	UCm = 0,333	UClím = 0,38
FACHADA	M1	Muro en contacto con el aire	UM1 = 0,444 AM1 = 146,79 UM1 = 0,566 AM1 = 11,56		
			UM2 = 0,450 AM2 = 19,11	UMm = 0,488	UMLím = 0,66
			UPF1 = 0,759 APF1 = 4,45		
			UPF1 = 1,043 APF1 = 7,65		
	PF2	Puente térmico pilares	UPF2 = 0,664 APF2 = 4,86		
			UHN = 1,54 UHSO = 1,61 USE = 1,52 FHm = 0,46	UHm = 1,516	UHNlim (31-40%) = 2,2 UHSOlim (21-30%) = 3,5 UHSElim (0-10%) = 3,5
	H	Huecos			
	S3	En contacto con el aire exterior	US3 = 0,482 AS3 = 81,32	USm = 0,485	USlim = 0,49

2.2.6 CÁLCULO DE LAS CONDENSACIONES

Para realizar el cálculo de las condensaciones se deben definir primero los datos climáticos de la localidad según las tablas de la sección HE1 del CTE. Los espacios de este edificio pueden ser clasificados como:

- baja carga interna: locales que disipan poco calor
- Higrometría 3 o inferior: no se prevee alta producción de humedad.

De la tabla 3.2 del CTE HE1 apéndice G se obtienen las siguientes condiciones de partida para la localidad de Pamplona:

Condiciones exteriores.

- Temperatura exterior (mínima): 4,5 °C
- Humedad exterior: 80%

Condiciones interiores.

- Temperatura interior: 20 °C
- Humedad exterior: 55%

2.2.6.1 Condensaciones superficiales

La comprobación de las condensaciones superficiales se basa en la comparación del factor de temperatura de la superficie interior f_{Rsi} y el factor de temperatura de la superficie interior mínimo f_{Rsimin} de cada cerramiento, partición interior o puente térmico.

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsimin}$$

f_{Rsimin} se obtiene de la tabla 3.2 del CTE

Para la zona climática en la que nos situamos, D1:

- $f_{Rsimin} = 0,61$
- f_{Rsi} se obtiene de la siguiente forma:

$$f_{Rsi} = 1 - U \cdot 0,25$$

Siendo:

- U: transmitancia térmica de cada cerramiento, partición interior o puente térmico. (W/m²K).

Cerramiento	U (W/m²K)	f_{Rsi}	f_{Rsimin}	Validación
Fachada	0,444	0,889	0,61	OK
Vuelo	0,566	0,859	0,61	OK
Solera	0,485	0,879	0,61	OK
Cubierta	0,333	0,917	0,61	OK
Muro garaje	0,450	0,888	0,61	OK
Pilar	0,664	0,834	0,61	OK
Canto forjado 1	0,759	0,810	0,61	OK
Canto forjado 2	1,043	0,739	0,61	OK

2.2.6.2 Condensaciones interestriciales

El procedimiento se basa en la comparación entre la presión de vapor y la presión de vapor que existe en cada punto intermedio de un cerramiento. Estas presiones deberán ser inferiores a la presión de vapor de saturación.

Para cada cerramiento se calculará:

1º- Distribución de temperatura

$$\theta_{se} = \theta_e + \frac{R_{se}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

Siendo:

- θ_e : Tª exterior de localidad según tabla.

T _{med}	4,5	6,5	8,0	9,9	13,3	17,3	20,5	20,3	18,2	13,7	8,3	5,7
HR _{med}	80	73	68	66	66	62	58	61	61	68	76	79

- R_{se} : resistencia térmica superficial exterior según CTE
- R_t : resistencia térmica total del componente. Calculado en el apartado 1.
- $\theta_i = 20^\circ\text{C}$, Tª interior

Cálculo de las temperaturas en cada una de las capas.

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \frac{R_n}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

Siendo:

- θ_n : Tª en cada capa(°C)
- R_n : resistencia térmica en cada capa

Cálculo de la temperatura superficial interior.

$$\theta_{si} = \theta_n + \frac{R_{si}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

Siendo:

- R_{si} : resistencia térmica superficial interior según CTE

1º- Distribución de presión de vapor

$$P_n = P_{n-1} + \frac{S_{d(n-1)}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e) \quad ($$

siendo

P_i la presión de vapor del aire interior [Pa];
 P_e la presión de vapor del aire exterior [Pa];
 $P_1 \dots P_{n-1}$ la presión de vapor en cada capa n [Pa];
 $S_{d1} \dots S_{d(n-1)}$ el espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua, calculado mediante la siguiente expresión [m];

$$S_{dn} = e_n \cdot \mu_n \quad ($$

donde

μ_n es el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua de cada capa, calculado a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456: 2001 o tomado de Documentos Reconocidos;
 e_n es el espesor de la capa n [m].

Estas presiones se calculan según la fórmula propuesta a continuación:

$$P_i = \phi_i \cdot P_{sat}(\theta_i)$$

$$P_e = \phi_e \cdot P_{sat}(\theta_e)$$

siendo

ϕ_i la humedad relativa del ambiente interior definida en el apartado G.1.2.2 [en tanto por 1];
 ϕ_e la humedad relativa del ambiente exterior definida en el apartado G.1.1 [en tanto por 1].

Donde:

- $\phi_i = 0.55$ Humedad relativa interior
- $\phi_e = 0.80$ Humedad relativa exterior (tabla)Ç

A continuación la presión de saturación para cada T^a .

$$P_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}}$$

$$P_{sat}(20^\circ\text{C}) = 2336.95 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(4,5^\circ\text{C}) = 841.9 \text{ Pa}$$

Por lo tanto:

$$P_i = 0.55 \cdot 2336.95 = 1285.32 \text{ Pa}$$

$$P_e = 0.80 \cdot 841.9 = 673.52 \text{ Pa}$$

Debe cumplir:

$$P_{sat}(\theta_n) \geq P_n$$

FACHADA

Muro en contacto con el aire

$$R_{se} = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_1 = 2.08 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\theta_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$\theta_e = 4.5^\circ\text{C}$$

MATERIAL	ESPESOR (m)	TRANSMITANCIA TERMICA (m2K/W)	FACTOR RESIST DIF VAPOR DE AGUA	S _{dn} * μ
Fabrica de ladrillo perforado	0,120	0,2449	10	1,200
Mortero de cemento	0,010	0,0077	10	0,100
Poliestireno expandido	0,050	1,3158	20	1,000
Cámara de aire no ventilada	0,015	0,1600	1	0,015
Fábrica de ladrillo hueco	0,070	0,3182	10	0,700
Enlucido de yeso	0,010	0,0333	6	0,060

$$\theta_{se} = 4.5 + [(0.04/2.25)*(20-4.5)] = 4.775^\circ\text{C}$$

Capas:

1. Fábrica de ladrillo perforado

$$\theta_{se} = 4.775 + [(0.245/2.25)*(20-4.5)] = 6.46^\circ\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.12 * 10 = 1.2 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 3.075 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 673.52 + [(1.2/3.075)*(1285.32-673.52)] = 912.27 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(6,46^\circ\text{C}) = 964.81 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

2. Mortero de cemento

$$\theta_{se} = 6.46 + [(0.0077/2.25)*(20-4.5)] = 6.51^\circ\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.01 * 10 = 0.1 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 3.075 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 912.27 + [(0.1/3.075)*(1285.32-673.52)] = 914.61 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(6,99^\circ\text{C}) = 968.18 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

3. Poliestireno expandido

$$\theta_{se} = 6.51 + [(1.316/2.25) \cdot (20-4.5)] = 15.54 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.05 \cdot 20 = 1.0 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 3.075 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 914.61 + [(1.0/3.075) \cdot (1285.32-673.52)] = 937.98 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(16,05^{\circ}\text{C}) = 1764.14 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

4. Cámara de aire

$$\theta_{se} = 15.54 + [(0.160/2.25) \cdot (20-4.5)] = 16.63 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.015 \cdot 1 = 0.015 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 3.075 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 937.98 + [(0.015/3.075) \cdot (1285.32-673.52)] = 938.33 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(17,15^{\circ}\text{C}) = 1892.14 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

5. Fábrica de ladrillo hueco

$$\theta_{se} = 16.63 + [(0.318/2.25) \cdot (20-4.5)] = 18.82 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.07 \cdot 10 = 0.7 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 3.075 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 938.33 + [(0.7/3.075) \cdot (1285.32-673.52)] = 954.69 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(19,34^{\circ}\text{C}) = 2171.06 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow$ CUMPLE

6. Enlucido de yeso

$$\theta_{se} = 18.82 + [(0.333/2.25) \cdot (20 - 4.5)] = 19.04 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.01 \cdot 6 = 0.06 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 3.075 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 954.69 + [(0.06/3.075) \cdot (1285.32 - 673.52)] = 956.09 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(21,63^\circ\text{C}) = 2202.23 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow$ CUMPLE

VUELO

Muro en contacto con el aire

$$R_{se} = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_1 = 1.60 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\theta_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$\theta_e = 4.5^\circ\text{C}$$

$$P_{sat}(20^\circ\text{C}) = 2336.95 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(4,5^\circ\text{C}) = 841.9 \text{ Pa}$$

Por lo tanto:

$$P_i = 0.55 \cdot 2336.95 = 1285.32 \text{ Pa}$$

$$P_e = 0.80 \cdot 841.9 = 673.52 \text{ Pa}$$

MATERIAL	ESPESOR	TRANSMITANCIA TERMICA (m ² K/W)	FACTOR RESIST DIF VAPOR DE AGUA	S _{dn} * μ
Maderas frondosas	0,010	0,0556	50	0,500
Hormigón celular con aridos siliceos	0,050	0,0435	60	3,000
Poliestireno expandido	0,050	1,3158	20	1,000
Forjado	0,300	0,1818	80	24,000

$$\theta_{se} = 4.5 + [(0.04/1.77) \cdot (20 - 4.5)] = 4.850 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Capas:

1 Maderas frondosas

$$\theta_{se} = 4.850 + [(0.056/1.77) \cdot (20 - 4.5)] = 5.34 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.01 \cdot 50 = 0.5 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 28.50 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 673.52 + [(0.5/28.50) \cdot (1285.32 - 673.52)] = 684.25 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(5,32^\circ\text{C}) = 892.64 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

2 Hormigón celular con áridos silíceos

$$\theta_{se} = 5.34 + [(0.0435/1.77) \cdot (20 - 4.5)] = 5.63^\circ\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.05 \cdot 60 = 3 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 28.50 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 684.25 + [(0.5/28.50) \cdot (1285.32 - 673.52)] = 754.37 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(5,70^\circ\text{C}) = 911.35 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

3 Poliestireno expandido

$$\theta_{se} = 5.63 + [(1.316/1.77) \cdot (20 - 4.5)] = 14.66^\circ\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.05 \cdot 20 = 1 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 28.50 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 684.25 + [(0.5/28.50) \cdot (1285.32 - 673.52)] = 777.74 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(17,22^\circ\text{C}) = 1667.65 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

4 Forjado

$$\theta_{se} = 14.66 + [(0.1818/1.77) \cdot (20-4.5)] = 15.91 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.30 \cdot 80 = 24 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 28.50 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 777.74 + [(24/28.50) \cdot (1285.32-673.52)] = 1338.71 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(18,81^{\circ}\text{C}) = 1806.71 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

TABIQUE

Partición interior en contacto con espacios no habitables

$$R_{se} = 0.13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_t = 2.131 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\theta_1 = 20^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_e = 10^{\circ}\text{C}$$

$$P_{sat}(20^{\circ}\text{C}) = 2336.95 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(10^{\circ}\text{C}) = 1227.30 \text{ Pa}$$

Por lo tanto:

$$P_i = 0.55 \cdot 2336.95 = 1285.32 \text{ Pa}$$

$$P_e = 0.80 \cdot 1227.30 = 981.85 \text{ Pa}$$

MATERIAL	ESPESOR	TRANSMITANCIA TERMICA (m2K/W)	FACTOR RESIST DIF VAPOR DE AGUA	$S_{dn} \cdot \mu$
Enlucido de yeso	0,010	0,0333	6	0,060
Fábrica de ladrillo hueco	0,070	0,3182	10	0,700
Mortero de cemento	0,010	0,0077	10	0,100
Cámara de aire no ventilada	0,015	0,1600	1	0,015
Lana mineral	0,040	0,0400	1	0,040
Fábrica de ladrillo hueco	0,070	0,3182	10	0,700
Enlucido de yeso	0,010	0,0333	6	0,060

$$\theta_{se} = 10 + [(0.13/2.131) \cdot (20-10)] = 10.78 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Capas:

1 Enlucido de yeso

$$\theta_{se} = 10.78 + [(0.0333/2.131) \cdot (20-10)] = 10.94^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.01 \cdot 6 = 0.06 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 1.675 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P1 = 981.85 + [(0.06/1.675) * (1285.32 - 981.85)] = 992.72 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{sat}}(10,98^\circ\text{C}) = 1306.46 \text{ Pa}$$

Como $P_{\text{sat}}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

2 Fábrica de ladrillo hueco

$$\theta_{\text{se}} = 10.94 + [(0.3182/2.131) * (20 - 10)] = 12.34^\circ\text{C}$$

$$S_{\text{dn}} = 0.07 * 10 = 0.7 \text{ m}$$

$$\sum S_{\text{dn}} = 1.675 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P1 = 992.72 + [(0.7/1.675) * (1285.32 - 981.85)] = 1000.84 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{sat}}(12,47^\circ\text{C}) = 1433.94 \text{ Pa}$$

Como $P_{\text{sat}}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

3 Mortero de cemento

$$\theta_{\text{se}} = 12.34 + [(0.077/2.131) * (20 - 10)] = 12.38^\circ\text{C}$$

$$S_{\text{dn}} = 0.01 * 10 = 0.1 \text{ m}$$

$$\sum S_{\text{dn}} = 1.675 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P1 = 1000.84 + [(0.1/1.675) * (1285.32 - 981.85)] = 1002.00 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{sat}}(12,83^\circ\text{C}) = 1437.16 \text{ Pa}$$

Como $P_{\text{sat}}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

4 Cámara de aire

$$\theta_{\text{se}} = 12.38 + [(0.16/2.131) * (20 - 10)] = 13.09^\circ\text{C}$$

$$S_{\text{dn}} = 0.015 * 1 = 0.015 \text{ m}$$

$$\sum S_{\text{dn}} = 1.675 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P1 = 1002.00 + [(0.015/1.675) * (1285.32 - 981.85)] = 1002.17 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{sat}}(13,58^\circ\text{C}) = 1505.42 \text{ Pa}$$

Como $P_{\text{sat}}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

5 Lana mineral

$$\theta_{\text{se}} = 13.09 + [(0.04/2.131) * (20 - 10)] = 17.51^\circ\text{C}$$

$$S_{\text{dn}} = 0.040 * 1 = 0.040 \text{ m}$$

$$\sum S_{\text{dn}} = 1.675 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P1 = 1002.17 + [(0.040/1.675) * (1285.32 - 981.85)] = 1002.63 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{sat}}(13,77^\circ\text{C}) = 2000.26 \text{ Pa}$$

Como $P_{\text{sat}}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

6 Fábrica de ladrillo hueco

$$\theta_{\text{se}} = 17.51 + [(0.3182/2.131) * (20 - 10)] = 18.91^\circ\text{C}$$

$$S_{\text{dn}} = 0.07 * 10 = 0.7 \text{ m}$$

$$\sum S_{\text{dn}} = 1.675 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P1 = 1002.63 + [(0.7/1.675) * (1285.32 - 981.85)] = 1010.75 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{sat}}(15,26^\circ\text{C}) = 2185.08 \text{ Pa}$$

Como $P_{\text{sat}}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

7 Enlucido de yeso

$$\theta_{\text{se}} = 18.91 + [(0.0333/2.131) * (20 - 10)] = 20.33^\circ\text{C}$$

$$S_{\text{dn}} = 0.01 * 6 = 0.06 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 1.675 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 1010.75 + [(0.06/1.675) * (1285.32 - 981.85)] = 1018.86 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(15,42^\circ\text{C}) = 2384.77 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

SOLERA 1

En contacto con el exterior

$$R_{se} = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_1 = 1.59 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\theta_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$\theta_e = 4.5^\circ\text{C}$$

$$P_{sat}(20^\circ\text{C}) = 2336.95 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(4,5^\circ\text{C}) = 841.9 \text{ Pa}$$

Por lo tanto:

$$P_i = 0.55 * 2336.95 = 1285.32 \text{ Pa}$$

$$P_e = 0.80 * 841.9 = 673.52 \text{ Pa}$$

MATERIAL	ESPESOR	TRANSMITANCIA TERMICA (m2K/W)	FACTOR RESIST DIF VAPOR DE AGUA	$S_{dn} \cdot \mu$
Azulejo cerámico	0,020	0,0154	100	2,000
Mortero de cemento	0,025	0,0192	10	0,250
Hormigón celular con áridos silíceos	0,060	0,0522	60	3,600
Poliestireno expandido	0,050	1,3158	20	1,000
Forjado	0,300	0,1818	80	24,000

$$\theta_{se} = 4.5 + [(0.04/1.76) * (20 - 4.5)] = 4.85^\circ\text{C}$$

Capas:

1 Azulejo cerámico

$$\theta_{se} = 4.85 + [(0.0154/1.76) * (20 - 4.5)] = 4.99^\circ\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.02 * 100 = 2 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 30.85 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 673.52 + [(2/30.85) * (1285.32 - 673.52)] = 713.18 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{sat}}(4,99^{\circ}\text{C}) = 871.01 \text{ Pa}$$

Como $P_{\text{sat}}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

2 Mortero de cemento

$$\theta_{\text{se}} = 4.99 + [(0.0192/1.76) \cdot (20-4.5)] = 5.12^{\circ}\text{C}$$

$$S_{\text{dn}} = 0.025 \cdot 10 = 0.25 \text{ m}$$

$$\sum S_{\text{dn}} = 30.85 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 713.18 + [(0.25/30.85) \cdot (1285.32-673.52)] = 719.03 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{sat}}(5,16^{\circ}\text{C}) = 879.06 \text{ Pa}$$

Como $P_{\text{sat}}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

3 Hormigón celular con áridos silíceos

$$\theta_{\text{se}} = 5.12 + [(0.0522/1.76) \cdot (20-4.5)] = 5.48^{\circ}\text{C}$$

$$S_{\text{dn}} = 0.06 \cdot 60 = 3,6 \text{ m}$$

$$\sum S_{\text{dn}} = 30.85 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 719.03 + [(3.6/30.85) \cdot (1285.32-673.52)] = 803.17 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{sat}}(5,62^{\circ}\text{C}) = 901.24 \text{ Pa}$$

Como $P_{\text{sat}}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

4 Poliestireno expandido

$$\theta_{\text{se}} = 5.48 + [(1.316/1.76) \cdot (20-4.5)] = 14.50^{\circ}\text{C}$$

$$S_{\text{dn}} = 0.05 \cdot 20 = 1 \text{ m}$$

$$\sum S_{\text{dn}} = 30.85 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 803.17 + [(1/30.85) \cdot (1285.32-673.52)] = 826.54 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(17,21^{\circ}\text{C}) = 1650.32 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

5 Forjado

$$\theta_{se} = 14.50 + [(0.1818/1.76) \cdot (20-4.5)] = 15.75^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.3 \cdot 80 = 24 \text{ m}$$

$$\Sigma S_{dn} = 30.85 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 826.54 + [(24/30.85) \cdot (1285.32-673.52)] = 1387.51 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(8,37^{\circ}\text{C}) = 1788.11 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

SOLERA 2

En contacto con el exterior

$$R_{se} = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_1 = 1.64 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\theta_1 = 20^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_e = 4.5^{\circ}\text{C}$$

$$P_{sat}(20^{\circ}\text{C}) = 2336.95 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(4,5^{\circ}\text{C}) = 841.9 \text{ Pa}$$

Por lo tanto:

$$P_i = 0.55 \cdot 2336.95 = 1285.32 \text{ Pa}$$

$$P_e = 0.80 \cdot 841.9 = 673.52 \text{ Pa}$$

MATERIAL	ESPESOR	TRANSMITANCIA TERMICA (m2K/W)	FACTOR RESIST DIF VAPOR DE AGUA	$S_{dn} \cdot \mu$
Parquet	0,015	0,0882	20	0,300
Hormigón celular con áridos silíceos	0,060	0,0522	60	3,600
Poliestireno expandido	0,050	1,3158	20	1,000
Forjado	0,300	0,1818	80	24,000

$$\theta_{se} = 4.5 + [(0.04/1.76) \cdot (20-4.5)] = 4.85^{\circ}\text{C}$$

Capas:

1 Azulejo cerámico

$$\theta_{se} = 4.85 + [(0.0882/1.81) \cdot (20-4.5)] = 5.61 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.015 \cdot 20 = 0.3 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 28.90 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 673.52 + [(0.3/30.85) \cdot (1285.32-673.52)] = 679.87 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(5,61^{\circ}\text{C}) = 909.39 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

2 Hormigón celular con áridos silíceos

$$\theta_{se} = 5.61 + [(0.0522/1.81) \cdot (20-4.5)] = 5.96 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.06 \cdot 60 = 3,6 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 28.90 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 679.87 + [(3.6/28.90) \cdot (1285.32-673.52)] = 764.01 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(6,37^{\circ}\text{C}) = 932.26 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

3 Poliestireno expandido

$$\theta_{se} = 5.96 + [(1.316/1.81) \cdot (20-4.5)] = 14.99 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.05 \cdot 20 = 1 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 28.90 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 764.01 + [(1/28.90) \cdot (1285.32-673.52)] = 787.39 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(17,33^{\circ}\text{C}) = 1703.05 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

4 Forjado

$$\theta_{se} = 14.99 + [(0.1818/1.81) * (20 - 4.5)] = 16.23 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.3 * 80 = 24 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 28.90 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 787.39 + [(24/28.90) * (1285.32 - 673.52)] = 1348.35 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(18.89^{\circ}\text{C}) = 1844.67 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

CUBIERTA

En contacto con un espacio no habitable

$$R_{se} = 0.1 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = 2.92 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\theta_1 = 20^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_e = 10^{\circ}\text{C}$$

MATERIAL	ESPESOR	TRANSMITANCIA TERMICA (m ² K/W)	FACTOR RESIST DIF VAPOR DE AGUA	S _{dn} * μ
Lana mineral	0,100	2,5000	1	0,100
Forjado	0,300	0,1818	80	24,000
Enlucido de yeso	0,010	0,0333	6	0,060

$$P_{sat}(20^{\circ}\text{C}) = 2336.95 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(10^{\circ}\text{C}) = 1227.30 \text{ Pa}$$

Por lo tanto:

$$P_i = 0.55 * 2336.95 = 1285.32 \text{ Pa}$$

$$P_e = 0.80 * 1227.30 = 981.85 \text{ Pa}$$

$$\theta_{se} = 10 + [(0.1/2.92) * (20 - 10)] = 10.34 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Capas:

1 Lana mineral

$$\theta_{se} = 10.34 + [(2.50/2.92) * (20 - 10)] = 18.90 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.10 * 1 = 0.1 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 24.16 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P1 = 981.85 + [(0.1/24.16) * (1285.32 - 981.85)] = 983.11 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{sat}}(18,90^\circ\text{C}) = 2182.71 \text{ Pa}$$

Como $P_{\text{sat}}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

2 Forjado

$$\theta_{\text{se}} = 18.90 + [(0.1818/2.92) * (20 - 10)] = 19.71^\circ\text{C}$$

$$S_{\text{dn}} = 0.30 * 80 = 24 \text{ m}$$

$$\sum S_{\text{dn}} = 24.16 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P1 = 983.11 + [(24/24.16) * (1285.32 - 981.85)] = 1261.36 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{sat}}(19,52^\circ\text{C}) = 2294.77 \text{ Pa}$$

Como $P_{\text{sat}}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

3 Enlucido de yeso

$$\theta_{\text{se}} = 19.71 + [(0.0333/2.92) * (20 - 10)] = 19.85^\circ\text{C}$$

$$S_{\text{dn}} = 0.01 * 6 = 0.06 \text{ m}$$

$$\sum S_{\text{dn}} = 24.16 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P1 = 1261.36 + [(0.06/24.16) * (1285.32 - 981.85)] = 1262.05 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{sat}}(19,63^\circ\text{C}) = 2315.83 \text{ Pa}$$

Como $P_{\text{sat}}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

PILARES

En contacto con el exterior

$$R_{\text{se}} = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R1 = 2.08 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\theta_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$\theta_e = 4.5^\circ\text{C}$$

MATERIAL	ESPESOR	TRANSMITANCIA TERMICA (m2K/W)	FACTOR RESIST DIF VAPOR DE AGUA	S _{dn} * μ
Fabrica de ladrillo perforado	0,040	0,0816	10	0,400
Pilar de hormigon	0,300	0,1818	80	24,000
Poliestireno expandido	0,050	1,3158	20	1,000
Cámara de aire no ventilada	0,015	0,1600	1	0,015
Fábrica de ladrillo hueco	0,070	0,3182	10	0,700
Enlucido de yeso	0,010	0,0333	6	0,060

$$\theta_{se} = 4.5 + [(0.04/2.26)*(20-4.5)] = 4.77 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Capas:

1 Fábrica de ladrillo perforado

$$\theta_{se} = 4.77 + [(0.0816/2.26)*(20-4.5)] = 5.33 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.04*10 = 0.4 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 26.175 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 673.52 + [(0.4/26.175)*(1285.32-673.52)] = 682.87 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(5,33^{\circ}\text{C}) = 892.13 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

2 Poliestireno expandido

$$\theta_{se} = 5.33 + [(1.3158/2.26)*(20-4.5)] = 14.35 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.05*20 = 1 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 26.175 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 682.87 + [(1/26.175)*(1285.32-673.52)] = 706.24 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(14,35^{\circ}\text{C}) = 1634.80 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

3 Pilar de hormigón

$$\theta_{se} = 14.35 + [(0.1818/2.26)*(20-4.5)] = 15.60 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.30*80 = 24 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 26.175 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 706.24 + [(24/26.175) * (1285.32 - 673.52)] = 1267.20 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(15,60^\circ\text{C}) = 1771.46 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

4 Cámara de aire

$$\theta_{se} = 15.60 + [(0.16/2.26) * (20 - 4.5)] = 16.70^\circ\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.015 * 1 = 0.015 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 26.175 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 1267.20 + [(0.015/26.175) * (1285.32 - 673.52)] = 1267.55 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(16,70^\circ\text{C}) = 1899.91 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

5 Fábrica de ladrillo hueco

$$\theta_{se} = 16.70 + [(0.3182/2.26) * (20 - 4.5)] = 18.88^\circ\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.070 * 10 = 0.70 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 26.175 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 1267.55 + [(0.70/26.175) * (1285.32 - 673.52)] = 1283.91 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(18,88^\circ\text{C}) = 2179.83 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

6 Enlucido de yeso

$$\theta_{se} = 18.88 + [(0.333/2.26) * (20 - 4.5)] = 19.11^\circ\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.01 \cdot 6 = 0.06 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 26.175 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 1283.91 + [(0.06/26.175) \cdot (1285.32 - 673.52)] = 1285.31 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(19,11^\circ\text{C}) = 2211.11 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

CANTO FORJADO 1

En contacto con el exterior

$$R_{se} = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = 1.316 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\theta_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$\theta_e = 4.5^\circ\text{C}$$

MATERIAL	ESPESOR	TRANSMITANCIA TERMICA (m ² K/W)	FACTOR RESIST DIF VAPOR DE AGUA	S _{dn} * μ
Fabrica de ladrillo perforado	0,040	0,0816	10	0,400
Mortero de cemento	0,020	0,0154	10	0,200
Zuncho de hormigon	0,300	0,1818	80	24,000
Poliestireno expandido	0,050	1,3158	20	1,000
Hormigón celular con áridos silíceos	0,060	0,0522	60	3,600
Parquet	0,015	0,0882	20	0,300

$$\theta_{se} = 4.5 + [(0.04/1.316) \cdot (20 - 4.5)] = 4.97^\circ\text{C}$$

Capas:

1 Fábrica de ladrillo perforado

$$\theta_{se} = 4.97 + [(0.0816/1.316) \cdot (20 - 4.5)] = 5.93^\circ\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.04 \cdot 10 = 0.4 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 29.50 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 673.52 + [(0.4/29.50) \cdot (1285.32 - 673.52)] = 681.82 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(5,33^\circ\text{C}) = 930.18 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

2 Mortero de cemento

$$\theta_{se} = 5.93 + [(1.3158/1.316) \cdot (20-4.5)] = 6.04 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.02 \cdot 10 = 0.2 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 29.50 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 681.82 + [(0.2/29.50) \cdot (1285.32-673.52)] = 686.49 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(5,33^{\circ}\text{C}) = 937.01 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

3 Polietireno expandido

$$\theta_{se} = 6.04 + [(1.3158/1.316) \cdot (20-4.5)] = 15.06 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.05 \cdot 20 = 1 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 29.50 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 686.49 + [(1/29.50) \cdot (1285.32-673.52)] = 709.86 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(5,33^{\circ}\text{C}) = 1711.11 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

4 Zuncho de hormigón

$$\theta_{se} = 15.06 + [(0.1818/1.316) \cdot (20-4.5)] = 16.31 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.30 \cdot 80 = 24 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 29.50 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 709.86 + [(24/29.50) \cdot (1285.32-673.52)] = 1270.83 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(5,33^{\circ}\text{C}) = 1853.32 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

5 Hormigón celular con áridos silíceos

$$\theta_{se} = 16.31 + [(0.0522/1.316) \cdot (20-4.5)] = 16.67 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.06 \cdot 60 = 3.6 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 29.50 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 1270.83 + [(3.6/29.50) \cdot (1285.32-673.52)] = 1354.97 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(5,33^{\circ}\text{C}) = 1896.02 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

6 Parquet

$$\theta_{se} = 16.67 + [(0.0882/1.316) \cdot (20-4.5)] = 17.27 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.015 \cdot 20 = 0.3 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 29.50 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 1354.97 + [(0.3/29.50) \cdot (1285.32-673.52)] = 1361.98 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(5,33^{\circ}\text{C}) = 1970.13 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

CANTO FORJADO 2

En contacto con el exterior

$$R_{se} = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = 0.958 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\theta_1 = 20^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_e = 4.5^{\circ}\text{C}$$

MATERIAL	ESPESOR	TRANSMITANCIA TERMICA (m2K/W)	FACTOR RESIST DIF VAPOR DE AGUA	$S_{dn} \cdot \mu$
Fabrica de ladrillo perforado	0,040	0,0816	10	0,400
Mortero de cemento	0,020	0,0154	10	0,200
Zuncho de hormigon	0,300	0,1818	80	24,000
Vidrio celular	0,020	0,4762	100	2,000
Enlucido de yeso	0,010	0,0333	6	0,060

$$\theta_{se} = 4.5 + [(0.04/0.958) \cdot (20-4.5)] = 5.15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Capas:

1 Fábrica de ladrillo perforado

$$\theta_{se} = 5.15 + [(0.0816/0.958) \cdot (20-4.5)] = 6.47 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.04 \cdot 10 = 0.4 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 26.60 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 673.52 + [(0.4/26.60) \cdot (1285.32-673.52)] = 682.72 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(5,33^{\circ}\text{C}) = 965.49 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

2 Mortero de cemento

$$\theta_{se} = 6.47 + [(0.0154/0.958) \cdot (20-4.5)] = 6.58 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.02 \cdot 10 = 0.2 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 26.60 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 682.72 + [(0.2/26.60) \cdot (1285.32-673.52)] = 687.40 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(5,33^{\circ}\text{C}) = 972.53 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

3 Vidrio celular

$$\theta_{se} = 6.58 + [(0.4762/0.958) \cdot (20-4.5)] = 9.84 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.02 \cdot 100 = 2 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 26.60 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 687.40 + [(2/26.60) \cdot (1285.32-673.52)] = 734.14 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(5,33^{\circ}\text{C}) = 1214.36 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

4 Zuncho de hormigón

$$\theta_{se} = 9.84 + [(0.1818/0.958) \cdot (20-4.5)] = 11.09 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.30 \cdot 80 = 24 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 26.60 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 734.14 + [(24/26.60) \cdot (1285.32-673.52)] = 1295.10 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(5,33^{\circ}\text{C}) = 1319.77 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

5 Enlucido de yeso

$$\theta_{se} = 11.09 + [(0.0333/0.958) \cdot (20-4.5)] = 11.32 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_{dn} = 0.01 \cdot 6 = 0.06 \text{ m}$$

$$\sum S_{dn} = 26.60 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$P_1 = 1295.10 + [(0.06/26.60) \cdot (1285.32-673.52)] = 1296.51 \text{ Pa}$$

$$P_{sat}(5,33^{\circ}\text{C}) = 1339.92 \text{ Pa}$$

Como $P_{sat}(\theta_n) \geq P_n \rightarrow \text{CUMPLE}$

2.2.7 FICHAS JUSTIFICATIVAS DE LA OPCIÓN SIMPLIFICADA

FICHA 1: Cálculo de los parámetros característicos medios

MUROS (U _m) y (U _{Trm})						
	TIPOS	A (m ²)	U (W/m ² K)	A*U (W/K)	RESULTADOS	
N	FACHADA	31,06	0,444	13,7906	$\sum A=$	41,8900
	VUELO	5,78	0,566	3,2715		
	PILARES	1,62	0,664	1,0757		
	CANTO FORJADO 1	1,63	0,759	1,2372	$\sum A*U=$	21,2524
	CANTO FORJADO 2	1,8	1,043	1,8774	$U_{mm} = \sum A*U / \sum A=$	0,5073
SE	FACHADA	80,35	0,444	35,6754	$\sum A=$	89,6200
	PILARES	1,62	0,664	1,0757		
	CANTO FORJADO 1	3,6	0,759	2,7324	$\sum A*U=$	43,7076
	CANTO FORJADO 2	4,05	1,043	4,2242	$U_{mm} = \sum A*U / \sum A=$	0,4877
SO	FACHADA	35,38	0,444	15,7087	$\sum A=$	46,2100
	VUELO	5,78	0,566	3,2715		
	PILARES	1,62	0,664	1,0757		
	CANTO FORJADO 1	1,63	0,759	1,2372	$\sum A*U=$	23,1705
	CANTO FORJADO 2	1,8	1,043	1,8774	$U_{mm} = \sum A*U / \sum A=$	0,5014
SUELOS (U _s)						
	TIPOS	A (m ²)	U (W/m ² K)	A*U (W/K)	RESULTADOS	
S1	SOLERA 1	16,63	0,482	8,0157	$\sum A=$	81,32
					$\sum A*U=$	39,0022
S2	SOLERA2	64,69	0,479	30,9865	$U_{sm} = \sum A*U / \sum A=$	0,4796
CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (U _c) y (F _{lm})						
	TIPOS	A (m ²)	U (W/m ² K)	A*U (W/K)	RESULTADOS	
C1	CUBIERTA	155,23	0,343	53,2439	$U_{cm} = \sum A*U / \sum A=$	0,3430

HUECOS (U _h) y (F _{hm})							
	TIPOS	A (m ²)	U (W/m ² K)	F	A*U (W/K)	A*F	RESULTADOS
N	V1	8,16	1,54	0,47	12,5664	3,8352	$\sum A=$
	PE	2,1	1,56		3,2760	0,0000	$\sum A*U=$
							$\sum A*F=$
							$U_{hm} = \sum A*U / \sum A=$
							$F_{hm} = \sum A*F / \sum A=$
SE	V4	1,25	1,52	0,46	1,9000	0,5750	$U_{hm} = \sum A*U / \sum A=$
							$F_{hm} = \sum A*F / \sum A=$
SO	V2	0,94	1,61	0,5	1,5134	0,4700	$\sum A=$
	P1	6,48	1,5	0,46	9,7200	2,9808	$\sum A*U=$
	V3	2,65	1,45	0,43	3,8425	1,1395	$\sum A*F=$
							$U_{hm} = \sum A*U / \sum A=$
							$F_{hm} = \sum A*F / \sum A=$

FICHA 2: Conformidad- Demanda energética

ZONA CLIMATICA : D1 ZONA DE BAJA CARGA INTERNA: X ZONA DE ALTA CARGA INTERNA

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica	U _{max} (proyecto)	U _{max}
Muros de fachada	0,444	=0,86
Vuelos de fachada	0,566	
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto con el terreno	*	
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables	0,45	
Suelos	0,482	=0,64
Cubiertas	0,333	=0,49
Vidrios de huecos y lucernarios	1,1	=3,5
Marcos de huecos y lucernarios	2,7	
		CUMPLE
Particiones interiores (edificio de viviendas)	*	=1,2

MUROS DE FACHADA		
U _{Mm} .		U _{Mlim}
N	0,5073	=0,66 CUMPLE
SE	0,4877	
SO	0,5014	

HUECOS Y LUCERNARIOS				
U _{Hm} .		U _{Hlim}	F _{Hm} .	F _{Hlim}
N	1,5441	=2,2 CUMPLE	0,3738	*
SE	1,52	=3,5 CUMPLE	0,46	*
SO	1,4971	=3,5 CUMPLE	0,4558	*

SUELOS	
U _{Sm} .	U _{Slim}
0,4796	=0,49 CUMPLE

CUBIERTAS	
U _{Cm} .	U _{Clim}
0,343	=0,38 CUMPLE

FICHA 3: Conformidad- Condensaciones

CERRAMIENTOS, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS									
TIPOS	C. SUPERFICIALES		C. INTERSTICIALES						
	fRSi=fRSmin	Pn=Psat,n	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7
Fachada	fRSi	0,889	Psat,n	964,81	968,18	1764,14	1892,14	2171,06	2202,23
	fRSmin	0,61	Pn	912,27	914,61	937,98	938,33	954,69	956,09
Vuelo	fRSi	0,859	Psat,n	892,64	911,35	1667,65	1806,71		
	fRSmin	0,61	Pn	684,25	754,37	777,74	1338,71		
Solera 1	fRSi	0,88	Psat,n	871,01	879,06	901,24	1650,32	1788,11	
	fRSmin	0,61	Pn	713,18	719,03	803,17	826,54	1387,51	
Solera 2	fRSi	0,88	Psat,n	909,39	932,26	1703,05	1844,67		
	fRSmin	0,61	Pn	679,87	764,01	787,39	1348,35		
Muro garaje	fRSi	0,888	Psat,n	1306,46	1433,94	1437,16	1505,42	2000,26	2185,08
	fRSmin	0,61	Pn	992,72	1000,84	1002	1002,17	1002,63	1010,75
Cubierta	fRSi	0,917	Psat,n	2182,71	2294,77	2315,83			
	fRSmin	0,61	Pn	983,11	1261,36	1262,05			
Pilares	fRSi	0,834	Psat,n	892,13	1634,8	1771,46	1899,91	2179,83	2211,11
	fRSmin	0,61	Pn	682,87	706,24	1267,2	1267,55	1283,91	1285,31
Canto forjado 1	fRSi	0,81	Psat,n	930,18	937,01	1711,11	1853,32	1896,02	1970,13
	fRSmin	0,61	Pn	681,82	686,49	709,86	1270,83	1354,97	1361,98
Canto forjado 2	fRSi	0,739	Psat,n	965,49	972,53	1214,36	1319,77	1339,92	
	fRSmin	0,61	Pn	682,72	687,4	734,14	1295,1	1296,51	

3. INSTALACIÓN DEL SUELO RADIANTE

3.1. CONDICIONES DE DISEÑO

Para realizar la evaluación del calor que tiene que ser proporcionado por el suelo radiante a toda la vivienda, se tendrá que establecer en primer lugar las condiciones ambientales exteriores y las condiciones óptimas que se pretenden obtener dentro de la vivienda.

La temperatura ambiente interior a obtener en los diferentes habitáculos de la vivienda será de 20°C.

Se ha tomado una humedad relativa interior $HR(\text{interior}) = 55\%$

La temperatura exterior $T_e = -5^\circ\text{C}$

La humedad relativa exterior $HR(\text{exterior}) = 80\%$

La temperatura de los locales no calefactados 10°C

Por tratarse de una instalación de calefacción de viviendas, no se han tenido en cuenta las aportaciones internas debidas a las personas ni al alumbrado.

3.2. DEMANDA CALORÍFICA DEL EDIFICIO

Si se quiere calefactor una vivienda se necesita conocer las pérdidas caloríficas que se producen en cada habitáculo de la vivienda para que se puedan elegir las características óptimas del suelo radiante, y así optimizar la temperatura ambiente.

Estas pérdidas de calor son debidas principalmente a la transmisión de calor a través de los cerramientos verticales y horizontales, así como la infiltración de aire debida a las rendijas de algún cerramiento particular, y como por las renovaciones de aire. Por último, habrá que aplicar un factor corrector debido a características propias como: orientación e intermitencia.

De esta manera, se tiene que la cantidad de calor que es necesario suministrar a un habitáculo en particular para mantener la temperatura objetivo constante, viene dada por la siguiente fórmula:

$$Q_0 = Q_T + Q_R + Q_S$$

Donde:

Q0 = Demanda calorífica total en KW

QT = Pérdidas sw calor por transmisión, en KW

QR = Pérdidas de calor por infiltración o renovación, en KW

QS = Pérdidas de calor por suplementos por orientación, en KW

3.2.1 CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN.

Las pérdidas de calor por transmisión, son las debidas a la diferencia de temperatura existente entre el local calefactado objeto del cálculo y el exterior, o bien entre el local calefactado y otro no calefactado.

Las pérdidas por transmisión dependen de la calidad del cerramiento (dad por el coeficiente U de transmisión), de su espesor, de la superficie que ocupa y de la diferencia de temperatura o salto térmico entre el exterior y el interior.

Estos parámetros se relacionan por medio de la siguiente expresión, ecuación para las pérdidas caloríficas por conducción:

$$QT = \sum [U S (ti - te)]$$

Donde:

QT = Pérdidas sw calor por transmisión, en KW

U= coeficiente de transmisión térmica, en W/m²K, de los diferentes cerramientos

S = superficie de transmisión de cada uno de los cerramientos.

Ti = temperatura interior del local, en °C

Te = temperatura exterior, en °C

En los cálculos posteriores habrán de tenerse en cuenta las características geométricas de cada uno de los habitáculos a estudiar, así como los elementos constructivos que separan este con el exterior o locales no calefactados.

3.2.2 CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR INFILTRACIÓN O RENOVACIÓN.

Las pérdidas por renovación constituyen la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura del aire procedente del exterior, de tal forma que este alcance la temperatura del habitáculo. Estas pérdidas son producidas principalmente por las infiltraciones de aire a través de puertas y ventanas.

Su valor viene determinado por la siguiente expresión:

$$QS = V \text{ Ce pe n } \Delta T$$

Donde:

QS = pérdidas de calor por infiltración o renovación, en KW

V = volumen del habitáculo, en m³.

Ce = calor específico del aire. 0,24 kcal/Kg °C = 1 kJ/kg °C

Pe = peso específico del aire seco. 1,24 kg/m³

n = n° de renovaciones de aire por hora.

ΔT = diferencia de temperatura entre el exterior y el interior del local, en °C

Tipo habitáculo	Renovaciones/hora
Dormitorio	0,5
Baño	1,5
Cocina	1,5
Salón	0,5

3.2.3 CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR SUPLEMENTOS.

Según las diferentes orientaciones del edificio, se han previsto los siguientes suplementos para el cálculo de las pérdidas totales de calor.

Orientación	Intermitencia de funcionamiento(%)
Norte	15
Sur	0
Este	10
Oeste	10
Sureste	5
Suroeste	5
Noreste	15
Noroeste	15

Para estas viviendas, se ha previsto un suplemento de potencia que depende del habitáculo a estudio.

Tipo habitáculo	Intermitencia de funcionamiento
Dormitorio	10%
Baño	20%
Cocina	15%
Salón	20%

Estos dos suplementos serán implementados en los cálculos sobre el cómputo global de pérdidas caloríficas de cada habitación.

HABITACION	SALON-COMEDOR
------------	---------------

Pérdidas por transmisión y suplementos

Cerramiento	S(m²)	U(W/m²°C)	ΔT(°C)	Qt(W)	Orientación	Pérdidas orientación (W)	Pérdidas intermitencia (W)
Pared exterior	4,8250	0,4440	25,0000	53,5575	SE	2,6779	10,7115
Pared exterior	11,2300	0,4440	25,0000	124,6530	SO	6,2327	24,9306
Ventana	1,2500	1,5200	25,0000	47,5000	SE	2,3750	9,5000
Ventana	6,4800	1,5000	25,0000	243,0000	SO	12,1500	48,6000
Muro con garaje	9,8500	0,4500	15,0000	66,4875	SE	3,3244	13,2975
Pilar	1,8000	0,6640	25,0000	29,8800	SO	1,4940	5,9760
Canto forjado1	1,9680	0,7590	25,0000	37,3428	SO	1,8671	7,4686
Canto forjado1	0,6750	0,7590	25,0000	12,8081	SE	0,6404	2,5616
Suelo	34,2100	0,4790	25,0000	409,6648			81,9330
TOTAL				1024,8937		30,7614	204,9787

Pérdidas por infiltración

$$Q_s = V \cdot C_e \cdot P_e \cdot n \cdot \Delta T = 368,23 \text{ W}$$

Total pérdidas

$$Q_0 = Q_T + Q_s + Q_R = 1628,87 \text{ W}$$

HABITACION	DORMITORIO 1
------------	--------------

Pérdidas por transmisión y suplementos

Cerramiento	S(m²)	U(W/m²°C)	ΔT(°C)	Qt(W)	Orientación	Pérdidas orientación (W)	Pérdidas intermitencia (W)
Pared exterior	4,9825	0,4440	25,0000	55,3058	NE	8,2959	5,5306
Ventana	2,0375	1,5400	25,0000	78,4438	NE	11,7666	7,8444
Pilar	0,8100	0,6640	25,0000	13,4460	NE	2,0169	1,3446
Canto forjado1	0,7800	0,7590	25,0000	14,8005	NE	2,2201	1,4801
Suelo	10,8100	0,4790	25,0000	129,4498			12,9450
TOTAL				291,4458		24,2994	29,1446

Pérdidas por infiltración

$$Q_s = V \cdot C_e \cdot P_e \cdot n \cdot \Delta T = 116,36 \text{ W}$$

Total pérdidas

$$Q_0 = Q_T + Q_s + Q_R = 461,25 \text{ W}$$

HABITACION	COCINA
------------	--------

Pérdidas por transmisión y suplementos

Cerramiento	S(m²)	U(W/m²°C)	ΔT(°C)	Qt(W)	Orientación	Pérdidas orientación (W)	Pérdidas intermitencia (W)
Pared exterior	8,1270	0,4440	25,0000	90,2097	NE	13,5315	13,5315
Pared exterior	4,0500	0,4440	25,0000	44,9550	SE	2,2478	6,7433
Ventana	2,0375	1,5400	25,0000	78,4438	NE	11,7666	11,7666
Pilar	0,8100	0,6640	25,0000	13,4460	NE	2,0169	2,0169
Pilar	0,8100	0,6640	25,0000	13,4460	SE	0,6723	2,0169
Canto forjado1	0,9030	0,7590	25,0000	17,1344	NE	2,5702	2,5702
Canto forjado1	0,4500	0,7590	25,0000	8,5388	SE	0,4269	1,2808
Suelo	11,0800	0,4820	25,0000	133,5140			20,0271
TOTAL				399,6876		33,2321	59,9531

Pérdidas por infiltración

$$Q_s = V \cdot C_e \cdot P_e \cdot n \cdot \Delta T = 357,79 \text{ W}$$

Total pérdidas

$$Q_0 = Q_T + Q_s + Q_R = 850,66 \text{ W}$$

HABITACION	ASEO
------------	------

Pérdidas por transmisión y suplementos

Cerramiento	S(m²)	U(W/m²°C)	ΔT(°C)	Qt(W)	Orientación	Pérdidas orientación (W)	Pérdidas intermitencia (W)
Suelo	3,2900	0,4820	25,0000	39,6445			7,9289
TOTAL				39,6445		0,0000	7,9289

Pérdidas por infiltración

$$Q_s = V \cdot C_e \cdot P_e \cdot n \cdot \Delta T = 106,24 \text{ W}$$

Total pérdidas

$$Q_0 = Q_T + Q_s + Q_R = 153,81 \text{ W}$$

HABITACION	VESTIBULO
------------	-----------

Pérdidas por transmisión y suplementos

Cerramiento	S(m²)	U(W/m²°C)	ΔT(°C)	Qt(W)	Orientación	Pérdidas orientación (W)	Pérdidas intermitencia (W)
Pared exterior	1,4100	0,4440	25,0000	15,6510	NE	2,3477	3,1302
Muro con garaje	9,2600	0,4500	15,0000	62,5050	SE	3,1253	12,5010
Puerta entrada	2,1000	1,5620	25,0000	82,0050	NE	12,3008	16,4010
Puerta a garaje	1,6800	1,3700	15,0000	34,5240	SE	1,7262	6,9048
Canto forjado1	0,3900	0,7590	25,0000	7,4003	NE	1,1100	1,4801
Suelo	4,9500	0,4790	25,0000	59,2763			11,8553
TOTAL				261,3615		20,6099	52,2723

Pérdidas por infiltración

$$Q_s = V \cdot C_e \cdot P_e \cdot n \cdot \Delta T = 53,28 \text{ W}$$

HABITACION	ARMARIO
------------	---------

Pérdidas por transmisión y suplementos

Cerramiento	S(m²)	U(W/m²°C)	ΔT(°C)	Qt(W)	Orientación	Pérdidas orientación (W)	Pérdidas intermitencia (W)
Suelo	1,4200	0,4790	25,0000	17,0045			3,4009
TOTAL				17,0045		0,0000	3,4009

Pérdidas por infiltración

$$Q_s = V \cdot C_e \cdot P_e \cdot n \cdot \Delta T = 15,28 \text{ W}$$

Total pérdidas

$$Q_0 = Q_T + Q_s + Q_R = 35,69 \text{ W}$$

HABITACION	PASO-DISTRIBUIDOR
------------	-------------------

Pérdidas por transmisión y suplementos

Cerramiento	S(m²)	U(W/m²°C)	ΔT(°C)	Qt(W)	Orientación	Pérdidas orientación (W)	Pérdidas intermitencia (W)
Suelo	4,5400	0,4790	25,0000	54,3665			10,8733
TOTAL				54,3665		0,0000	10,8733

Pérdidas por infiltración

$$Q_s = V \cdot C_e \cdot P_e \cdot n \cdot \Delta T = 48,87 \text{ W}$$

Total pérdidas

$$Q_0 = Q_T + Q_s + Q_R = 114,11 \text{ W}$$

HABITACION	DORMITORIO 4
------------	--------------

Pérdidas por transmisión y suplementos

Cerramiento	S(m²)	U(W/m²°C)	ΔT(°C)	Qt(W)	Orientación	Pérdidas orientación (W)	Pérdidas intermitencia (W)
Pared exterior	5,4685	0,4440	25,0000	60,7004	NE	9,1051	6,0700
Pared exterior	12,5550	0,4440	25,0000	139,3605	SE	6,9680	13,9361
Vuelo	2,5700	0,5660	25,0000	36,3655	NE	1,8183	3,6366
Ventana	2,0375	1,5400	25,0000	78,4438	NE	11,7666	7,8444
Pilar	1,6200	0,6640	25,0000	26,8920	SE	1,3446	2,6892
Canto forjado2	0,8340	1,0430	25,0000	21,7466	NE	3,2620	2,1747
Canto forjado2	1,3950	1,0430	25,0000	36,3746	SE	1,8187	3,6375
Techo	13,0900	0,3330	15,0000	65,3846			6,5385
TOTAL				465,2678		36,0832	46,5268

Pérdidas por infiltración

$$Q_s = V \cdot C_e \cdot P_e \cdot n \cdot \Delta T = 84,54 \text{ W}$$

Total pérdidas

$$Q_0 = Q_T + Q_s + Q_R = 632,42 \text{ W}$$

HABITACION	DORMITORIO 3
------------	--------------

Pérdidas por transmisión y suplementos

Cerramiento	S(m²)	U(W/m²°C)	ΔT(°C)	Qt(W)	Orientación	Pérdidas orientación (W)	Pérdidas intermitencia (W)
Pared exterior	4,8205	0,4440	25,0000	53,5076	NE	8,0261	5,3508
Vuelo	2,3480	0,5660	25,0000	33,2242	NE	4,9836	3,3224
Ventana	2,0375	1,5400	25,0000	78,4438	NE	11,7666	7,8444
Canto forjado2	0,7620	1,0430	25,0000	19,8692	NE	2,9804	1,9869
Techo	11,7900	0,3330	15,0000	58,8911			5,8891
TOTAL				243,9357		27,7567	24,3936

Pérdidas por infiltración

$$Q_s = V \cdot C_e \cdot P_e \cdot n \cdot \Delta T = 76,14 \text{ W}$$

Total pérdidas

$$Q_0 = Q_T + Q_s + Q_R = 372,23 \text{ W}$$

HABITACION	DORMITORIO 2
------------	--------------

Pérdidas por transmisión y suplementos

Cerramiento	S(m²)	U(W/m²°C)	ΔT(°C)	Qt(W)	Orientación	Pérdidas orientación (W)	Pérdidas intermitencia (W)
Pared exterior	5,2300	0,4440	25,0000	58,0530	SO	2,9027	5,8053
Pared exterior	13,3700	0,4440	25,0000	148,4070	SE	7,4204	14,8407
Vuelo	2,7000	0,5660	25,0000	38,2050	SO	1,9103	3,8205
Ventana	2,6500	1,5400	25,0000	102,0250	SO	5,1013	10,2025
Pilar	1,6200	0,6640	25,0000	26,8920	SE	1,3446	2,6892
Canto forjado2	1,4850	1,0430	25,0000	38,7214	SE	1,9361	3,8721
Canto forjado2	0,8760	1,0430	25,0000	22,8417	SO	1,1421	2,2842
Techo	18,7000	0,3330	15,0000	93,4065			9,3407
TOTAL				528,5516		21,7573	52,8552

Pérdidas por infiltración

$$Q_s = V \cdot C_e \cdot P_e \cdot n \cdot \Delta T = 120,77 \text{ W}$$

Total pérdidas

$$Q_0 = Q_T + Q_s + Q_R = 723,93 \text{ W}$$

HABITACION	BANO 1
------------	--------

Pérdidas por transmisión y suplementos

Cerramiento	S(m ²)	U(W/m ² °C)	ΔT(°C)	Qt(W)	Orientación	Pérdidas orientación (W)	Pérdidas intermitencia (W)
Pared exterior	8,6400	0,4440	25,0000	95,9040	SE	4,7952	19,1808
Canto forjado2	0,9600	1,0430	25,0000	25,0320	SE	1,2516	5,0064
Techo	5,6100	0,3330	15,0000	28,0220			5,6044
TOTAL				148,9580		6,0468	29,7916

Pérdidas por infiltración

$$Q_s = V \cdot C_e \cdot P_e \cdot n \cdot \Delta T = 108,69 \text{ W}$$

Total pérdidas

$$Q_0 = Q_T + Q_S + Q_R = 293,49 \text{ W}$$

HABITACIÓN	BAÑO 2
------------	--------

Pérdidas por transmisión y suplementos

Cerramiento	S(m ²)	U(W/m ² °C)	ΔT(°C)	Qt(W)	Orientación	Pérdidas orientación (W)	Pérdidas intermitencia (W)
Pared exterior	5,5115	0,4440	25,0000	61,1777	SO	3,0589	12,2355
Vuelo	2,1922	0,5660	25,0000	31,0196	SO	1,5510	6,2039
Ventana	0,8875	1,6100	25,0000	35,7219	SO	1,7861	7,1444
Canto forjado2	0,7110	1,0430	25,0000	18,5393	SO	0,9270	3,7079
Techo	7,0300	0,3330	15,0000	35,1149			7,0230
TOTAL				181,5733		7,3229	36,3147

Pérdidas por infiltración

$$Q_s = V \cdot C_e \cdot P_e \cdot n \cdot \Delta T = 136,21 \text{ W}$$

Total pérdidas

$$Q_0 = Q_T + Q_S + Q_R = 361,42 \text{ W}$$

HABITACIÓN	PASO-DISTRIBUIDOR
------------	-------------------

Pérdidas por transmisión y suplementos

Cerramiento	S(m ²)	U(W/m ² °C)	ΔT(°C)	Qt(W)	Orientación	Pérdidas orientación (W)	Pérdidas intermitencia (W)
Techo	4,6000	0,3330	15,0000	22,9770			4,5954
TOTAL				22,9770		0,0000	4,5954

Pérdidas por infiltración

$$Q_s = V \cdot C_e \cdot P_e \cdot n \cdot \Delta T = 29,71 \text{ W}$$

Total pérdidas

$$Q_0 = Q_T + Q_S + Q_R = 57,28 \text{ W}$$

HABITACIÓN	ESCALERA
------------	----------

Pérdidas por transmisión y suplementos

Cerramiento	S(m ²)	U(W/m ² °C)	ΔT(°C)	Qt(W)	Orientación	Pérdidas orientación (W)	Pérdidas intermitencia (W)
Techo	6,0000	0,3330	15,0000	29,9700			5,9940
TOTAL				29,9700		0,0000	5,9940

Pérdidas por infiltración

$$Q_s = V C_e P_e n \Delta T = 38,75 \text{ W}$$

Total pérdidas

$$Q_0 = Q_T + Q_S + Q_R = 74,71 \text{ W}$$

HABITACIÓN	POTENCIA (W)
Salón-comedor	1628,8665
Dormitorio 1	461,2474
Cocina	850,6645
Aseo	153,8130
Vestíbulo	387,5249
Armario	35,6901
Paso-distribuidor	114,1079
Dormitorio 4	632,4174
Dormitorio 3	372,2297
Dormitorio 2	723,9348
Baño 1	293,4901
Baño 2	361,4172
Distribuidor	57,2807
Escalera	74,7140
TOTAL	6147,3982

3.3. LOCALIZACIÓN DE LOS COLECTORES

La vivienda estudiada necesita dos colectores, uno por planta, los cuales estarán colocados centrados en cada planta para que el reparto sea lo más homogéneo posible. En la planta baja estará situado en el garaje (junto a la puerta), y en la primera en el paso(junto a la escalera).

Cada colector dispone de un purgador en la parte superior por el cual saldrá el posible aire que se halla formado con el fin de que no se produzca ningún paron en el

circuito de agua. Dispone también de válvulas detentoras, termómetros, válvulas de cierre y vaciado.

Se van a instalar distribuidores de la marca UPONOR Quick & easy. Se necesitan dos cajones de colectores, uno para cada piso, con seis circuitos de ida y vuelta en cada uno. Para ello el proveedor suministra un kit colector básico compuesto por 2 válvulas de paso, 2 termómetros, 2 purgadores automáticos, 1 llave de llenado, 2 módulos básicos uponor Quick & Wasy, 2 tapones, 2 soportes y 4 adaptadores. Y además necesitamos 4 módulos básicos para completar los 6 circuitos. Estos serán acoplados módulo a módulo.

Se colocarán dos cajas de colectores de dimensiones 550x700 para albergar los colectores.

3.4. DISEÑO DE CIRCUITOS

Se recomienda que cada local sea calefactado por circuitos independientes, posibilitando la regulación de temperaturas de cada estancia de forma individual.

Los tubos que se van a emplear para suelo radiante son los recomendados para viviendas por uponor, del tipo Wirsbo-evalPEX 16x1.8. La distancia entre tubos ha de ser la misma en todos los circuitos de la instalación, y se recomienda un paso de 20 cm.

El paso siguiente es la de calcular la longitud de cada circuito: he seguido el manual técnico de Wirsbo para conseguir dicho objetivo, y según el cual se aplica la siguiente fórmula:

$$L = A/e + 2I$$

Donde:

A: Área a calefactar cubierta por el circuito (m²).

e: Distancia entre tubos (m).

I: Distancia entre colectores y el area a calefactar (m).

CIRCUITO	HABITACION	A (m2)	e (m)	l (m)	L (m)
C1.3+C1.4	SALON-COMEDOR	34,21	0,20	5,35+8,32	198,39
C1.6	DORMITORIO 1	10,81	0,20	8,06	70,17
C1.2	COCINA	11,08	0,20	6,91	69,22
C1.5	ASEO	3,29	0,20	6,69	29,83
C1.1	VESTIBULO	4,12	0,20	3,71	28,02
C2.11	DORMITORIO 4	13,09	0,20	2,03	69,51
C2.12	DORMITORIO 3	11,79	0,20	2,58	64,11
C2.8	BAÑO 1	5,61	0,20	1,07	30,19
C2.9+C2.10	DORMITORIO 2	18,70	0,20	2,24+2,24	102,46
C2.7	BAÑO 2	7,03	0,20	5,47	46,09

3.5. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO

La temperatura media superficial del pavimento (Tms) es función únicamente de la demanda térmica, que a efectos de simplificación de cálculos y en lo que sigue consideraremos igual a la carga térmica del local (Q) y de la temperatura interior de diseño del local (Ti). Se calcula de acuerdo a la expresión :

$$Q(W/m^2) = \alpha (Tms - Ti)$$

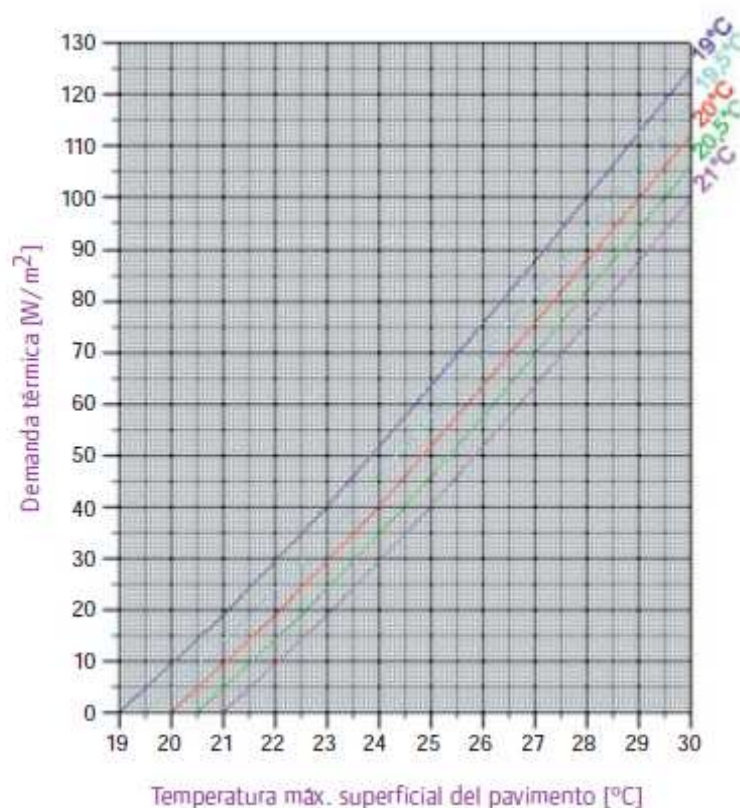
α = Coeficiente de transmisión de calor del suelo (W/ m²°C).

Tms =Temperatura media del pavimento.

Ti =Temperatura interior de cálculo.

Es conveniente, por motivos de confort del usuario de la instalación, que la temperatura media superficial del pavimento no supere los 29°C.

Para determinar esta temperatura, se utiliza el siguiente gráfico que muestra las temperaturas superficiales máximas del pavimento Ts en función de Q y de Ti, considerando distancia entre centros de los tubos 20 cm y salto térmico de 10°.



CIRCUITO	HABITACION	Q (W)	A (m2)	Q (W/m2)	Ti (°C)	Tms (°C)
C1.3+C1.4	SALON-COMEDOR	1628,87	34,21	47,61	20,00	24,60
C1.6	DORMITORIO 1	461,25	10,81	42,67	20,00	24,25
C1.2	COCINA	850,66	11,08	76,77	20,00	27,15
C1.5	ASEO	153,81	3,29	46,75	20,00	24,60
C1.1	VESTIBULO	387,52	4,12	94,06	20,00	27,75
C2.11	DORMITORIO 4	632,42	13,09	48,31	20,00	24,40
C2.12	DORMITORIO 3	372,23	11,79	31,57	20,00	22,80
C2.8	BAÑO 1	293,49	5,61	52,32	20,00	24,35
C2.9+C2.10	DORMITORIO 2	723,93	18,70	38,71	20,00	23,40
C2.7	BAÑO 2	361,42	7,03	51,41	20,00	24,30

3.6. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA

El salto térmico entre el agua de impulsión y el de retorno se fija en 10°C. La magnitud de la temperatura media del agua (Tma) en las tuberías emisoras depende de la demanda térmica del local (Q), la temperatura interior de diseño (Ti) y del coeficiente de transmisión térmica (Ka) según la fórmula:

$$Q(W/m^2) = Ka (Ta - Ti)$$

El coeficiente de transmisión termica de la capa sobre tubos Ka se calcula aplicando la fórmula:

$$K_a(W/^\circ C m^2) = 1/[\sum(e/\lambda) + (1/\alpha)]$$

Donde :

e = Espesor de la capa (m)

λ =Conductividad térmica de material de la capa (W/m°C)

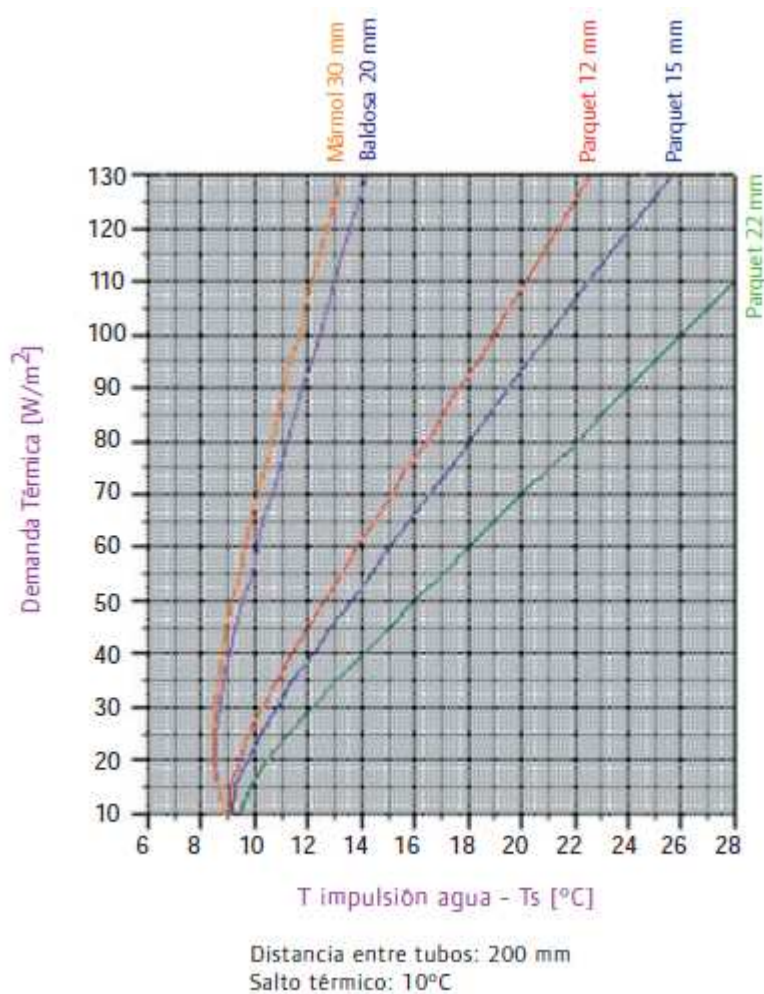
α =Coeficiente de transmisión de calor del suelo (W/m²°C).

La siguiente figura muestra el gráfico que relaciona la demanda térmica(Q), la resistencia térmica del pavimento(R) para obtener la temperatura de impulsión del agua en el circuito correspondiente (Ta) y la temperatura superficial máxima (Ts)(La temperatura de retorno será Ta-10°C).

Tras los cálculos de todas las Ta de todos los circuitos se seleccionará la mayor de ellas.

Las resistencias térmicas de los materiales del pavimento, se encuentran en la siguiente tabla:

Pavimento	Espesor [m]	Resistencia térmica [m ² °C/W]	Pavimento	Espesor [m]	Resistencia térmica [m ² °C/W]
Parquet	0,012	0,09	Baldosa	0,020	0,02
Parquet	0,015	0,11	Mármol	0,030	0,01
Parquet	0,022	0,16	Terrazo	0,015	0,01
Tarima	0,020	0,21	Mosaico	0,025	0,06
Corcho	0,010	0,14	Linóleo	0,002	0,01



CIRCUITO	HABITACION	PAVIMENTO	Q (W/m ²)	R (m ² °C/W)	Tms (°C)	Ti-Ts	Ti
C1.3+C1.4	SALON-COMEDOR	PARQUET	47,61	0,11	24,60	13,10	37,70
C1.6	DORMITORIO 1	PARQUET	42,67	0,11	24,25	12,60	36,85
C1.2	COCINA	BALDOSA	76,77	0,02	27,15	11,00	38,15
C1.5	ASEO	BALDOSA	46,75	0,02	24,60	9,45	34,05
C1.1	VESTIBULO	PARQUET	94,06	0,11	27,75	18,80	46,55
C2.11	DORMITORIO 4	PARQUET	48,31	0,11	24,40	12,65	37,05
C2.12	DORMITORIO 3	PARQUET	31,57	0,11	22,80	10,50	33,30
C2.8	BAÑO 1	BALDOSA	52,32	0,02	24,35	9,20	33,55
C2.9+C2.10	DORMITORIO 2	PARQUET	38,71	0,11	23,40	10,60	34,00
C2.7	BAÑO 2	BALDOSA	51,41	0,02	24,30	9,10	33,40

Por lo tanto, la temperatura de impulsión del sistema en este caso es de 46,55°C (la mayor Ta). El retorno será de 46,55°C - 10°C = 36,55°C.

3.7. CÁLCULO DEL CAUDAL DE AGUA

El caudal de agua a través de un circuito de calefacción por suelo radiante es función de la potencia térmica emitida, que suponemos de un valor idéntico a la carga térmica(Q), y del salto térmico entre la impulsión al circuito y el retorno desde éste.

Como se ha comentado con anterioridad, el salto térmico es una constante de valor 10°C, por lo que el caudal es únicamente función de la carga térmica según la expresión:

$$Q = m \text{ Cp}(\text{Timp-Tret})(\text{Kcal/h})$$

m = Caudal de agua (Kg/h)

Cp =Calor específico del agua(1Kcal/Kg°C)

Timp-Tret = Salto térmico impulsión-retorno=10°C.

En Q ha de considerarse la potencia térmica emitida por cada circuito, incluyendo la emitida en los trayectos desde el local calefactado hasta el colector.

Los cabezales electrotérmicos, gracias a su ciclo de apertura y cierre, permitirán el paso del caudal calculado. De este modo se posibilita la regulación de cada local de forma independiente a todos los demás.

CIRCUITO	HABITACION	Q (W/m2)	A real (m2)	Q (W)	CAUDAL (L/s)
C1.3+C1.4	SALON-COMEDOR	47,61	35,15	1673,62	0,0400
C1.6	DORMITORIO 1	42,67	13,80	588,83	0,0141
C1.2	COCINA	76,77	12,06	925,52	0,0221
C1.5	ASEO	46,75	4,21	196,82	0,0047
C1.1	VESTIBULO	94,06	4,24	398,81	0,0095
C2.11	DORMITORIO 4	48,31	13,78	665,75	0,0159
C2.12	DORMITORIO 3	31,57	13,12	414,22	0,0099
C2.8	BAÑO 1	52,32	6,04	315,99	0,0076
C2.9+C2.10	DORMITORIO 2	38,71	19,82	767,29	0,0183
C2.7	BAÑO 2	51,41	7,59	390,21	0,0093

CAUDAL COLECTOR 1	0,0904
CAUDAL COLECTOR 2	0,0610
TOTAL CAUDAL	0,1515

El área real calefactada considerada es el área del local que calefacta el circuito más el área del pasillo y vestíbulo entre el tramo calefactado y el colector. Así el caudal total

es de 0,1515l/s. Siendo la suma de los caudales en los dos colectores(C1=0,0904l/s y C2=0,0610l/s).

3.8. VELOCIDAD DEL AGUA

La velocidad del agua durante el trayecto por el suelo radiante debe ser limitada para no tener problemas de ruido por la fricción del agua sobre las paredes del tubo. Para ello se controla que la velocidad del agua sea inferior a 2m/s.

Conociendo el caudal de cada circuito y el diámetro de la tubería wirsbo evalPex de 16 mm, con la siguiente fórmula se calcula:

$$V \text{ (m/s)} = Q \text{ (m}^3\text{/s)}/\pi r^2$$

CIRCUITO	HABITACION	CAUDAL (L/s)	VELOCIDAD (m/s)
C1.3+C1.4	SALON-COMEDOR	0,0400	0,1989
C1.6	DORMITORIO 1	0,0141	0,0700
C1.2	COCINA	0,0221	0,1100
C1.5	ASEO	0,0047	0,0234
C1.1	VESTIBULO	0,0095	0,0474
C2.11	DORMITORIO 4	0,0159	0,0791
C2.12	DORMITORIO 3	0,0099	0,0492
C2.8	BAÑO 1	0,0076	0,0376
C2.9+C2.10	DORMITORIO 2	0,0183	0,0912
C2.7	BAÑO 2	0,0093	0,0464

3.9. CÁLCULO DE MONTANTES Y REDES DE DISTRIBUCIÓN

Para el cálculo del diámetro de la red de tuberías de conexión entre sala de calderas y colectores debe conocerse el caudal circulante por cada tramo. Una vez conocido este dato se entra en el gráfico de pérdidas de carga y se selecciona la dimensión de la tubería de acuerdo a un límite de carga lineal que dependerá de la potencia de la bomba disponible. Usualmente este valor de pérdida de carga se fija en 0,2KPa/m.

Los accesorios precisos son codos, derivaciones en T y racores de salida roscada. Su tipo será Wirsbo Quick&Easy o Wrisbo Quick&Easy Master para dimensiones inferiores a 50mm, o WIPEX, para dimensiones superiores a 32mm.

Entrando en el gráfico de pérdidas de carga con 0,1426l/s y Wrisbo-evalPEX 32x2,9 resultan unas perdidas de carga en tubería de 0,029KPa/m. Entrando con Wirsbo-evalPEX 25 x 2,3 resultan unas perdidas de carga superiores a 0,2 KPa/m. Manteniendo el criterio arriba planteado escogeremos Wirsbo-evalPEX 32x2,9 como tubería de distribución entre sala de calderas y colector.

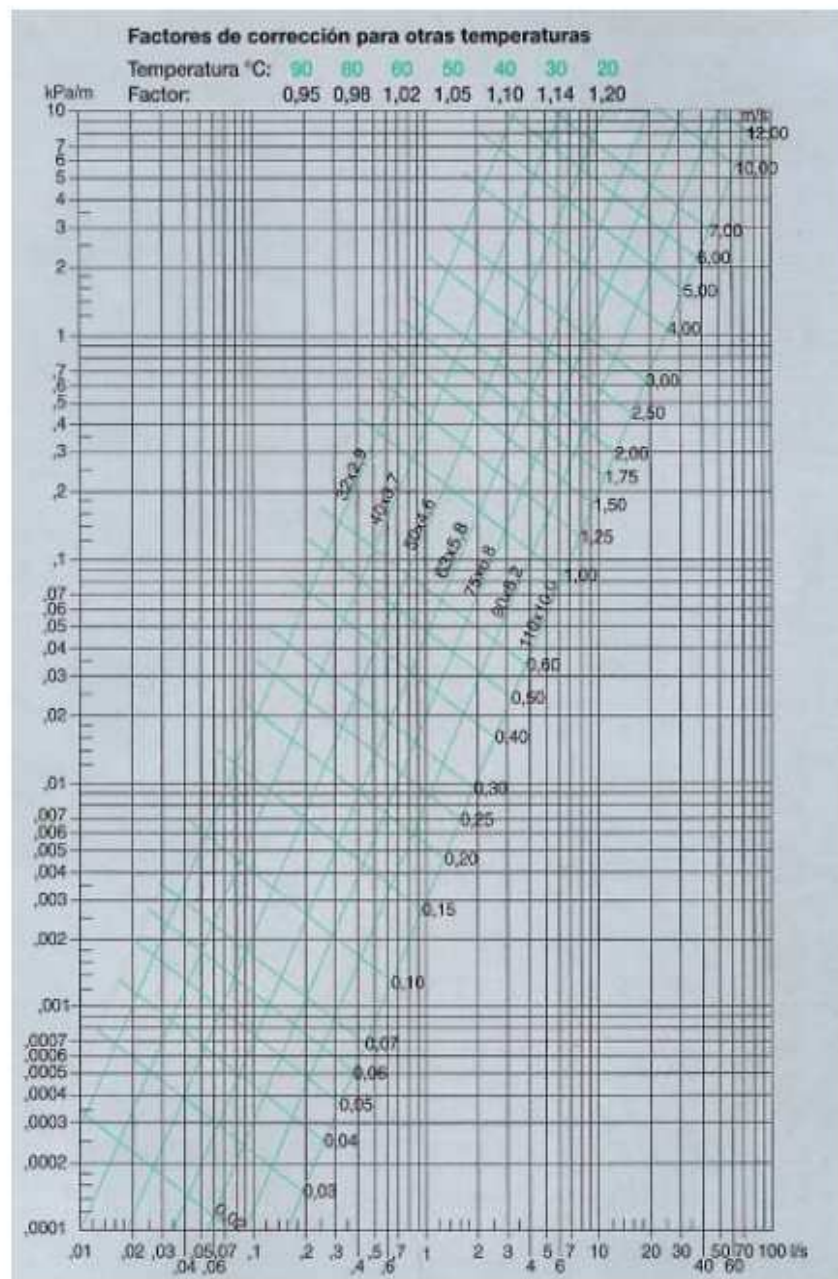


Fig.3 - Diagrama de pérdida de carga en tuberías Uponor Wirsbo-evalPEX (desde 32x2,9 hasta 110x7,1)

3.10. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA

Se va a calcular las pérdidas de carga producidas en cada circuito individualmente. Tras esto, para asegurarnos de que el funcionamiento del suelo radiante es el correcto, es fundamental dimensionar una bomba capaz de mover un gran volumen de líquido.

$$H_B = L_T H_{cl} + \sum k(v^2/2g) + (Z_2 - Z_1)$$

Donde:

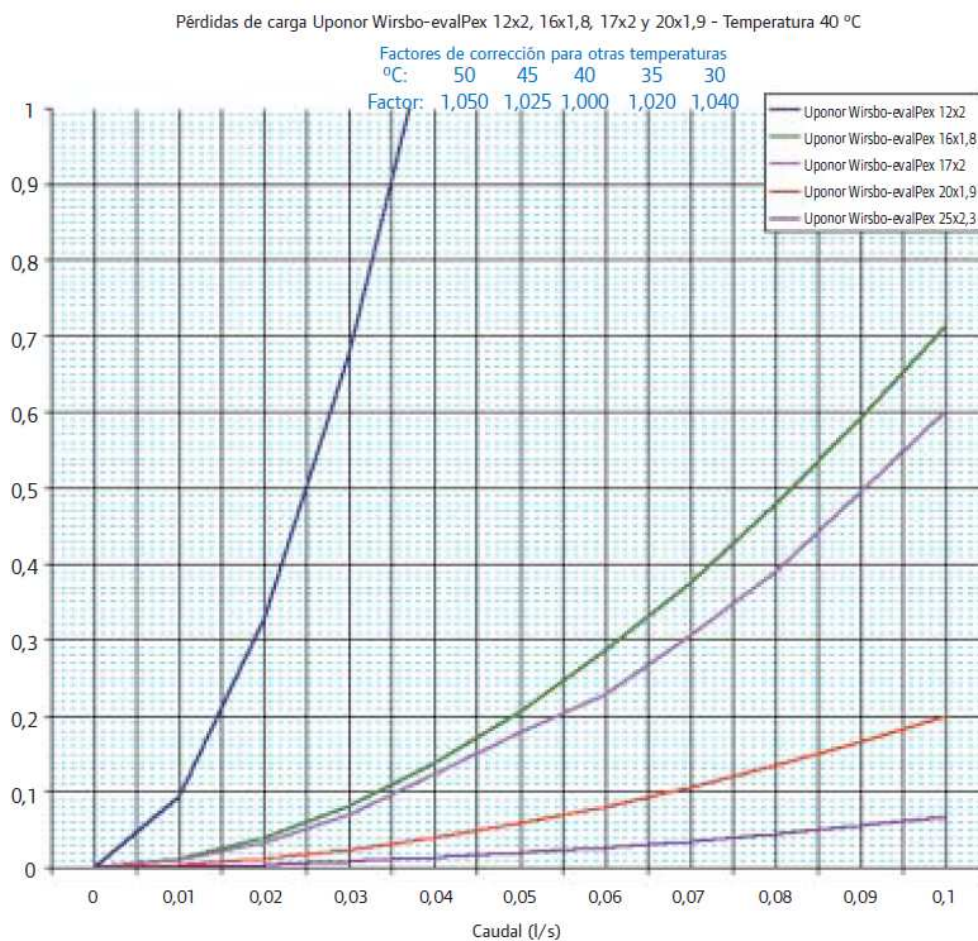
L_T : longitud total del circuito primario

H_{cl} : pérdida de carga por metro de tubo

$Z_2 - Z_1$: pérdidas por altura geométrica = 3 m

K: factor de pérdida característico de cada elemento.

Se especifican las pérdidas de carga de cada uno de los circuitos para tubería Wirsbo-evalpex 16x1,8.



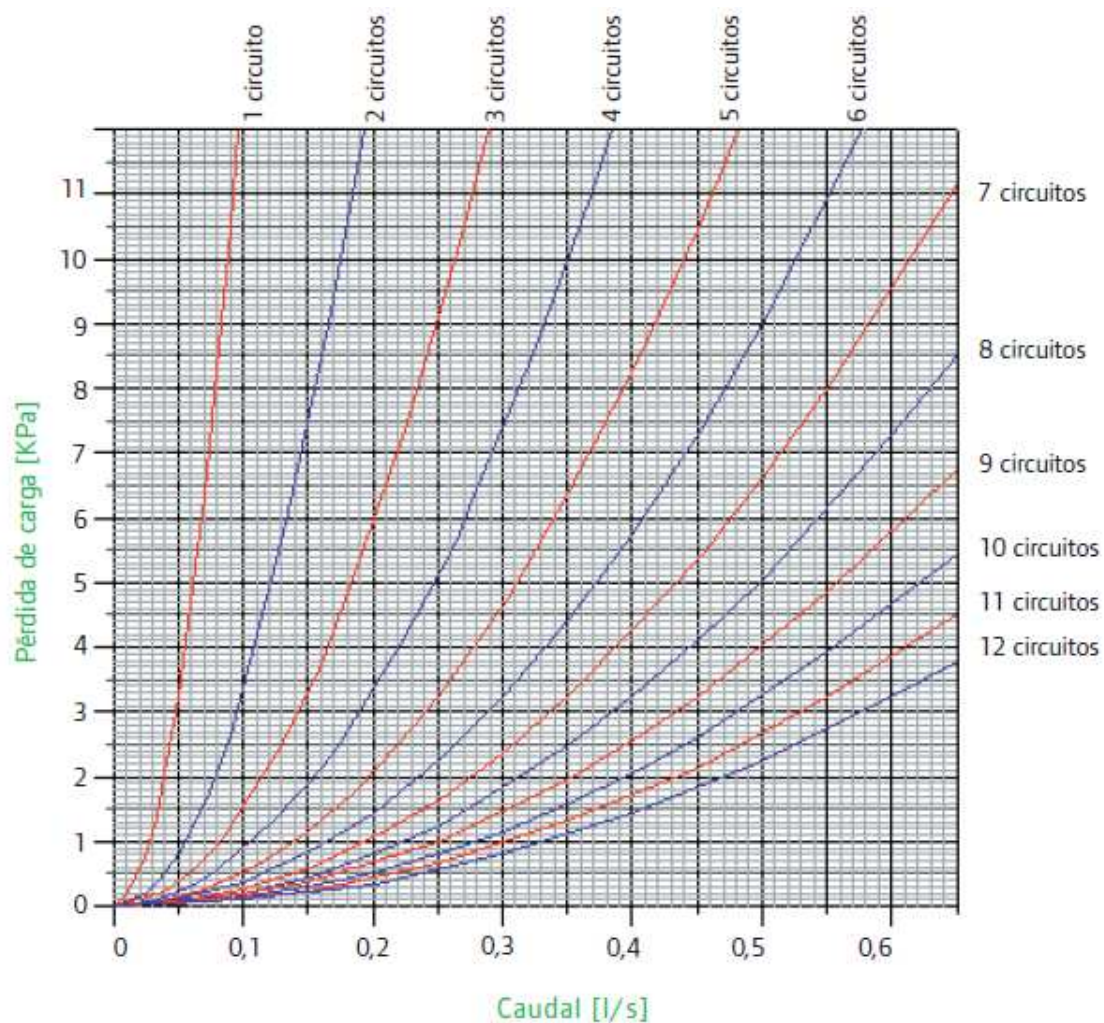
CIRCUITO	L (m)	CAUDAL (L/s)	PERDIDA DE CARGA (KPA/m)	PERDIDA DE CARGA (KPA)
C1.3+C1.4	198,39	0,0400	0,125	24,7988
C1.6	70,17	0,0141	0,025	1,7543
C1.2	69,22	0,0221	0,050	3,4610
C1.5	29,83	0,0047	0,010	0,2983
C1.1	28,02	0,0095	0,015	0,4203
C2.11	69,51	0,0159	0,025	1,7378
C2.12	64,11	0,0099	0,015	0,9617
C2.8	30,19	0,0076	0,012	0,3623
C2.9+C2.10	102,46	0,0183	0,030	3,0738
C2.7	46,09	0,0093	0,014	0,6453
TOTAL				37,5133

También hay que calcular las pérdidas producidas en el circuito de alimentación y retorno de los colectores del suelo radiante. Se procede de manera similar al anterior pero para tubo Wirsbo-evalPex 32x2,9

- longitud del circuito del colector 1 y colector 2: 8,10 m + 27,30 m
- pérdida de carga lineal: 0.029 Kpa/m

$$H_{TOTAL(Kpa)} = L_{total} \times H_{lineal} = 1.0266 \text{ Kpa}$$

Las pérdidas producidas en los colectores vienen determinadas por el caudal y el número de circuitos:



-para el colector de planta baja tenemos una pérdida de 0.3 Kpa

-en el colector de la primera planta tenemos una pérdida de 0.15Kpa

Por último se han de calcular las pérdidas producidas en la valvulería incorporada:

Tipo	Unidades	Long. Equivalente	Pérdida total (Kpa)
Válvulas de corte	8	5,06	0,14674
Te	2	0,26	0,00754
Codos de 90º	8	1,77	0,05133

TOTAL	0,20561
--------------	----------------

Sumando todas estas pérdidas se obtiene la altura de la bomba necesaria para hacer circular el fluido por el suelo radiante.

$$H_B = 6,92 \text{ m}$$

Se colocará una bomba de impulsión de la casa Salvador Escoda S.A. modelo BPH 120/250.40T.

3.11. VASO DE EXPANSIÓN

Para calcular el vaso de expansión del circuito secundario del suelo radiante, se procederá de la manera habitual indicada en la normativa UNE 100-155:

$$V_T = V_a * C_e * C_p$$

Donde:

V_T = Volumen total del vaso de expansión

V_a = Volumen del circuito primario

- $V_{\text{bomba}} = 33 \text{ litros}$
- $V_{\text{intercambiador}} = 0.02 \text{ litros}$
- $V_{\text{tuberías}} = (V/m^2) * L_{\text{circuito}} = \pi r^2 * L = 28.47 \text{ l}$

C_e = coeficiente de expansión del fluido = 0.04

C_p = coeficiente de presión, que a su vez es igual:

$$C_p = P_M / (P_M - P_S)$$

Donde:

P_M = presión de tarado de la válvula de expansión = 10 bar

P_S = presión de servicio de sistema = 3.5 bar

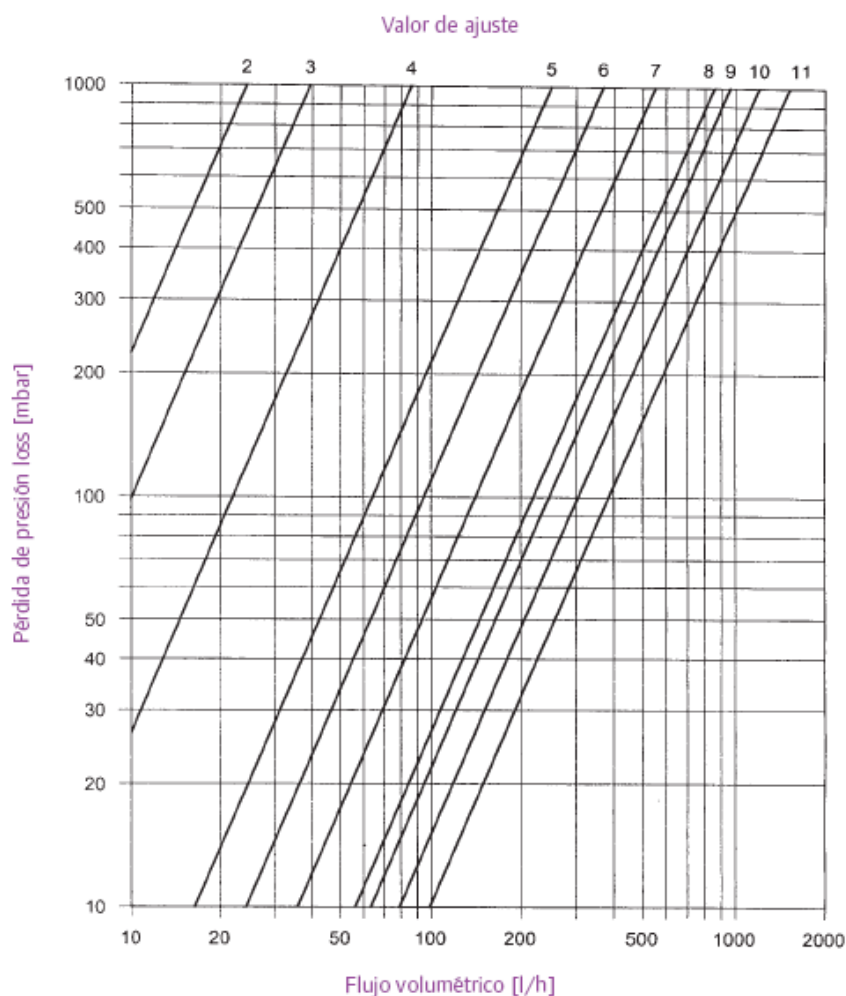
$$V_T = 61,49 * 0.04 * 10 / 6.5 = 3.78 \text{ l}$$

Este resultado supone el 6.15% del volumen total de la instalación. Con este valor se dimensiona un vaso de expansión comercial de 5 litros de capacidad de la casa Salvador Escoda modelo AC 04 001.

3.12. COMPENSACIÓN DE LOS DISTRIBUIDORES

Los colectores de impulsión llevan acoplados detentores, uno por circuito, con el fin de realizar el equilibrio hidráulico de la instalación durante su puesta en marcha. Esto permite igualar las pérdidas en todos los circuitos y el agua bombeada no muestre tendencia a fluir hacia las zonas de menor resistencia.

Los detentores permiten la selección de 13 posiciones (desde 0 hasta 12). Para seleccionar una posición de detentor se debe girar la rueda hasta la marca amarilla. El valor de la posición lo determina el caudal y la pérdida de carga del circuito de acuerdo al siguiente gráfico. Entrar en la gráfica con el caudal y la pérdida de carga de cada circuito para obtener el número correspondiente al equilibrado. Después girar la rueda del detentor hasta que la marca amarilla coincida con el número seleccionado.



CIRCUITO	L (m)	CAUDAL (L/h)	PERDIDA DE CARGA (KPA/m)	PERDIDA DE CARGA (mbar)	VALOR DE AJUSTE
C1.3+C1.4	198,39	143,9986	0,125	247,9875	6
C1.6	70,17	50,6626	0,025	17,5425	7
C1.2	69,22	79,6317	0,050	34,61	8
C1.5	29,83	16,9348	0,010	2,983	5
C1.1	28,02	34,3138	0,015	4,203	7
C2.11	69,51	57,2814	0,025	17,3775	8
C2.12	64,11	35,6395	0,015	9,6165	7
C2.8	30,19	27,1874	0,012	3,6228	6
C2.9+C2.10	102,46	66,0179	0,030	30,738	7
C2.7	46,09	33,5734	0,014	6,4526	7

3.13. CABEZALES ELECTROTÉRMICOS

El colector de retorno lleva acopladas llaves de corte manuales individuales en cada circuito. Se realiza un control automático del caudal entrante a cada circuito. Para ello se colocan cabezales electrotérmicos para colectores uponor Quick & Easy. Estos se roscan sobre cada salida del colector de retorno en el mismo lugar donde antes se encontraban las llaves de corte manuales.

De este modo se realiza un control de caudal entrante a cada circuito en función de la señal del correspondiente termostato. La colocación de cabezales electrotérmicos en cada salida del colector permite regular independientemente el aporte térmico a cada local calefactado.

La alimentación de tensión puede ser a 24V o a 220V en función de la señal enviada por el termostato correspondiente. Los cabezales electrotérmicos escogidos pertenecen a la casa Uponor.

3.14. CÁLCULO DEL INTERCAMBIADOR

Se necesita calcular un intercambiador para que eleve la temperatura del agua de retorno (36,55°C) a la temperatura necesaria de ida a los colectores para satisfacer las demandas caloríficas (46,55°C).

$$P = m * C * \Delta T$$

Donde:

P = potencia en Kw

m = flujo másico 0.1515 kg/s

C = calor específico: 4.186 KJ/kgK

ΔT = salto térmico 10°C

$$P = 6.34 \text{ Kw}$$

Con esta potencia calculada se busca un intercambiador de placas de la marca Pecomark. Para poder satisfacer esta demanda se selecciona el modelo M10Nx14 ya que tiene una potencia máxima de 28,91 Kw, y así cumplir la normativa de HE 4 de ahorro de energía para las placas solares que se verá más adelante. Sus características son las siguientes:

- placas y conexiones de acero inoxidable AISI 316
- juntas: NBR
- Bastidor: acero al carbono
- Presión máxima de trabajo 10 bar
- Temperatura máxima 100°C

3.15. CÁLCULO CIRCUITO CALDERA-SUELO RADIANTE

Ya se ha calculado la potencia necesaria para calentar el agua del suelo radiante. Colocando una caldera con un rendimiento del 90%, se necesitan:

$$P_c = P_i / \eta = 6.34 / 0.9 = 7.04 \text{ Kw}$$

3.15.1 TUBERÍAS

Las tuberías que se instalarán en este circuito serán de mayor diámetro (25 mm), así el caudal de agua por sección de tubería será mayor, de tal manera que se podrá transportar mayor cantidad de agua caliente por unidad de tiempo, y así responder con mayor velocidad ante una necesidad de aporte calorífico en los colectores del suelo radiante.

De la misma gráfica que la empleada con anterioridad obtenemos su pérdida de carga lineal (15 mm c.a./m) para continuar con los cálculos del resto de componentes.

La velocidad también será la recomendada por el fabricante de 0,4 m/s.

3.15.2 DIMENSIONADO BOMBA IMPULSIÓN CALDERA-SUELO RADIANTE

La bomba se coloca en el circuito de ida de la caldera a los colectores del suelo radiante. Su función será la de actuar regida bajo la dirección del sistema de control, ante la existencia de necesidades caloríficas del sistema de calefacción. Se calcularán las pérdidas de carga producidas por la disposición física de la instalación, por la circulación del fluido y los diferentes elementos constitutivos del sistema.

Se plantea la ecuación de pérdidas:

$$H_B = L_T * H_{cl} + \sum k * (v^2/2g) + (Z_2 - Z_1)$$

Donde:

L_T = longitud total del circuito de caldera = 2 m

H_{cl} = pérdidas de carga por metro de tubo = 15 mm c.a./m (diámetro de tubería 25 mm)

$Z_2 - Z_1$ = pérdidas por altura geométrica = 0 m

k : factor de pérdida característico de cada elemento.

K : codos de 90°: 0,75

Nº de codos = 4

K : válvulas esféricas: 10

Nº de válvulas = 4

K : válvulas antiretorno: 2,5

Nº de válvulas = 1

Con estos cálculos se obtiene una altura de bomba de:

$$H_B = 0,032 \text{ m}$$

Para esta altura de bomba, al ser muy parecida a la resultante del circuito caldera-ACS, se instalará la misma bomba de la casa Salvador Escoda modelo VS 8/150, que responde perfectamente a las necesidades demandadas.

3.15.3 DIMENSIONADO VASO DE EXPANSIÓN

Se necesita saber el vaso de expansión necesario para el circuito caldera-suelo radiante. Para ello se empleará la normativa UNE 100-155, donde se procede de la siguiente manera:

$$V_T = V_a * C_e * C_p$$

Donde:

V_T = Volumen total del vaso de expansión

V_a = Volumen del circuito secundario

$$V_a = (V/m^2) * L_{\text{circuito}} = \pi r^2 * L = 0.981 \text{ l}$$

C_e = coeficiente de expansión del fluido (agua a 55°C) = 0.04

C_p = coeficiente de presión, que a su vez es igual:

$$C_p = P_M / P_M - P_S$$

Donde:

P_M = presión de tarado de la válvula de expansión = 10 bar

P_S = presión de servicio de sistema = 3.5 bar

$$V_T = 0.06 \text{ l}$$

Este resultado supone el 6.15% del volumen total de la instalación. Con este valor se dimensiona un vaso de expansión comercial de 5 litros de capacidad de la casa Salvador Escoda modelo AC 04 001.

3.16. CÁLCULO CIRCUITO PRIMARIO DEL SUELO RADIANTE

3.16.1 DIMENSIONADO COLECTORES SOLARES

Una vez determinado las necesidades caloríficas que se tienen, se necesita calcular como hacer frente a esa demanda energética. Los cálculos realizados con anterioridad de las pérdidas energéticas, han de ser compensadas por las necesidades. Éstas pérdidas fueron calculadas para el peor de los casos con una temperatura exterior de -5°C. si se realizara el dimensionamiento de la superficie colectora para éstas, obtendríamos un rendimiento del 100% en enero, pero en el resto de meses superaría este valor, ya que la demanda es menor. Por ello no se cumpliría la normativa especificada en CTE y en RITE, de no superar la demanda del 100% en mas de tres meses consecutivos.

Por ello se4 estima una necesidad intermedia, como para el mes de Abril con una temperatura exterior de 5°C, obteniéndose unas pérdidas de 3324.55W.

A continuación se desarrollará el cálculo de la superficie colectora empleando el método F-Chart ya usado con el ACS, pero al ser un sistema que no consume agua sino sólo energía, tendremos que tener en cuenta las siguientes condiciones para adaptarlo a nuestro caso:

- K_1 : será igual a 1 ya que no hay sistema de acumulación de agua
- la masa de agua de consumo diario será la equivalente del cálculo con las pérdidas mencionadas y un salto térmico de 10°C.
- los meses de Junio, Julio y Agosto no se demanda calefacción pero se realizarán los cálculos para ver si cumple el código técnico.
- la ocupación será del 100% menos en los meses mencionados.
- la temperatura del agua de acumulación será de 36°C que es la de retorno del suelo radiante.

Cálculo de la masa de agua equivalente:

$$Q = \dot{m} C \Delta T$$

Donde:

- Q : flujo calorífico = 3324,55 J/s

- \dot{Q} : flujo másico (Kg/s)
- C: calor específico: 4186 J/KgK
- ΔT : salto térmico = 10°

El flujo másico resultante es de 6861,95 L. Con este resultado se calcula la demanda energética mensual.

$$Q = \dot{Q} C (T_{\text{acm}} - T_{\text{red}})$$

MES	Nº de días	CONSUMO MENSUAL (m3)	TEMP. ACUM °C	TEMP. DE RED °C	NECESIDAD ENERGÉTICA MENSUAL (MJ)
ENERO	31	212,72045	36	5	27610,4762
FEBRERO	28	192,1346	36	6	24134,0271
MARZO	31	212,72045	36	8	24938,4947
ABRIL	30	205,8585	36	10	22410,1680
MAYO	31	212,72045	36	11	22266,5131
JUNIO	30	205,8585	36	12	20686,3089
JULIO	31	212,72045	36	13	20485,1921
AGOSTO	31	212,72045	36	12	21375,8526
SEPTIEMBRE	30	205,8585	36	11	21548,2385
OCTUBRE	31	212,72045	36	10	23157,1736
NOVIEMBRE	30	205,8585	36	8	24134,0271
DICIEMBRE	31	212,72045	36	5	27610,4762
TOTAL		2504,61175			280356,9482

Cálculo de la relación de pérdidas de energía X

El parámetro X expresa la relación entre las pérdidas de energía en los captadores, para una determinada temperatura, y la energía necesaria durante un mes.

$$X = E_p / Q_a$$

Donde:

E_p : energía perdida por el captador

Q_a : energía necesaria mensual.

La energía perdida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$E_p/Sc = Fr' * UL * (100-T_a) * \Delta T * K_1 * K_2$$

Donde:

Sc: superficie útil de los captadores instalada (m²)

Fr * UL se calcula por la siguiente expresión:

$$Fr' * UL = Fr * UL / (Fr'/Fr)$$

Fr * UL = 4.9 W/m²°C, es la pendiente de la curva característica del captador

Fr'/Fr factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar el valor 0.95

T_a: temperatura ambiente media mensual

ΔT: período de tiempo considerado (segundos)

K₁ = factor corrección por almacenamiento que se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$K_1 = [kg \text{ acumulación} / (75Sc)^{-0.25}] = [(120/75 * 1.8)^{-0.25}] = 1.029$$

K₂ = factor de corrección para ACS, que relaciona la temperatura mínima de ACS, la del agua de la red y la media mensual ambiente, dado por la siguiente expresión:

$$K_2 = (11.6 + 1.18T_{ac} + 3.86T_r - 2.32T_a) / (100 - T_a)$$

Donde:

T_{ac}: temperatura de acumulación = 36°C

T_r: temperatura de red (°C)

T_a: temperatura media mensual del ambiente (°C)

Estos datos se obtienen de las tablas adjuntas, con los siguientes valores para cada mes:

MES	Fr'UL	Ta	ΔT	K ₁	K ₂	Ep/Sc	Ep (22 placas)	Ep (23 placas)	X (1 placa)	X (2 placas)
ENERO	4,6550	4,5000	2,6784	1,0000	0,6591	784,7329	31075,4228	32487,9420	1,1255	1,1767
FEBRERO	4,6550	6,5000	2,4192	1,0000	0,6648	700,0071	27720,2824	28980,2953	1,1486	1,2008
MARZO	4,6550	8,0000	2,6784	1,0000	0,7217	827,8720	32783,7317	34273,9013	1,3146	1,3743
ABRIL	4,6550	9,9000	2,5920	1,0000	0,7737	841,1283	33308,6791	34822,7100	1,4863	1,5539
MAYO	4,6550	13,3000	2,6784	1,0000	0,7576	818,9450	32430,2204	33904,3213	1,4565	1,5227
JUNIO	4,6550	17,3000	2,5920	1,0000	0,7287	727,1310	28794,3860	30103,2218	1,3920	1,4552
JULIO	4,6550	20,5000	2,6784	1,0000	0,7132	706,9329	27994,5420	29267,0212	1,3666	1,4287
AGOSTO	4,6550	20,3000	2,6784	1,0000	0,6688	664,5917	26317,8319	27514,0969	1,2312	1,2872
SEPTIEMBRE	4,6550	18,2000	2,5920	1,0000	0,6640	655,3638	25952,4073	27132,0622	1,2044	1,2591
OCTUBRE	4,6550	13,7000	2,6784	1,0000	0,7056	759,2484	30066,2368	31432,8840	1,2984	1,3574
NOVIEMBRE	4,6550	8,3000	2,5920	1,0000	0,7165	792,7687	31393,6403	32820,6240	1,3008	1,3599
DICIEMBRE	4,6550	5,7000	2,6784	1,0000	0,6379	750,0221	29700,8760	31050,9158	1,0757	1,1246
TOTAL							357538,2567	373789,9957		

Cálculo de la relación de pérdidas de energía Y

El parámetro Y expresa la relación entre la energía absorbida por la placa del captador plano y la energía necesaria total durante un mes.

$$Y = E_a/Q_a$$

Donde:

E_a: energía absorbida por el captador

Q_a: carga calorífica mensual

La energía absorbida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$E_a/Sc = Fr'(\tau\alpha) R_t N K$$

Donde:

Sc: superficie útil de captadores instalada.

R_t: radiación útil media mensual incidente sobre la superficie de captación por unidad de área, en MJ/m²

N: número de días al mes.

Fr'(τ_α): factor adimensional calculado por la siguiente expresión:

$$Fr'(\tau\alpha) = Fr(\tau\alpha)_s [(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_s](Fr'/Fr)$$

Donde:

$Fr(\tau\alpha)_s$: factor de incidencia óptica del captador, es decir, ordenada en el origen de la curva característica del captador. En el caso solahart M:0.73

$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_s$: modificador del ángulo de incidencia. En general se toma como constante 0,96 para superficie transparente sencilla.

(Fr'/Fr) : factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar el valor 0,95

K: es el factor de corrección por inclinación de los captadores que a la latitud 42° y con una inclinación de 45° sobre la horizontal.

Con estos datos calculamos la energía absorbida por el captador y el parámetro de absorción:

MES	$Fr'(\tau\alpha)$	R_1 (MJ/m ²)	K(45°)	Ea/Sc	Ep (22 placas)	Ep (23 placas)	Y (22 placas)	Y (23 placas)
ENERO	0,6658	5,0000	1,4300	147,5657	5843,6019	6109,2201	0,2116	0,2213
FEBRERO	0,6658	7,4000	1,3200	182,0880	7210,6857	7538,4442	0,2988	0,3124
MARZO	0,6658	12,3000	1,1800	299,5481	11862,1032	12401,2897	0,4757	0,4973
ABRIL	0,6658	14,5000	1,0400	301,1898	11927,1170	12469,2587	0,5322	0,5564
MAYO	0,6658	17,1000	0,9400	331,7442	13137,0709	13734,2104	0,5900	0,6168
JUNIO	0,6658	18,9000	0,9000	339,7373	13453,5982	14065,1254	0,6504	0,6799
JULIO	0,6658	20,5000	0,9400	397,7051	15749,1200	16464,9891	0,7688	0,8038
AGOSTO	0,6658	18,2000	1,0500	394,4029	15618,3541	16328,2793	0,7307	0,7639
SEPTIEMBRE	0,6658	16,2000	1,2300	397,9780	15759,9293	16476,2897	0,7314	0,7646
OCTUBRE	0,6658	10,2000	1,4300	301,0340	11920,9478	12462,8091	0,5148	0,5382
NOVIEMBRE	0,6658	6,0000	1,5700	188,1438	7450,4935	7789,1523	0,3087	0,3227
DICIEMBRE	0,6658	4,5000	1,5400	143,0252	5663,7987	5921,2441	0,2051	0,2145
TOTAL					135596,8204	141760,3122		

Se descarta colocar el captador a una inclinación diferente de 45° , ya que así queda integrarlo arquitectónicamente en el tejado de la vivienda, y debido a que los resultados obtenidos con otras inclinaciones nos dan muy bajo rendimiento de los colectores.

Determinación de la gráfica f

Una vez obtenidos estos parámetros se tiene que determinar la superficie necesaria del captador y por lo tanto el número de captadores necesarios. Para ello se iterará con estos parámetros en la ecuación del método de las curvas F-Chart.

$$f = 1.029Y + 0.065X + 0.245Y^2 + 0.0018X^2 + 0.0215Y^3$$

Se tiene que satisfacer una serie de necesidades, como abastecer el 100% de las necesidades en los meses de verano, y que no mas de tres meses seguidos se supere el 100% de la demanda.

Los cálculos han sido realizados para una placa solar Solahart modelo 'M' de superficie 1.8 m² con inclinación de 45°.

MES	f (22 placas)	f (23 placas)
ENERO	0,3044	0,3189
FEBRERO	0,4069	0,4266
MARZO	0,6358	0,6677
ABRIL	0,7209	0,7574
MAYO	0,7953	0,8361
JUNIO	0,8727	0,9181
JULIO	1,0379	1,0930
AGOSTO	0,9738	1,0252
SEPTIEMBRE	0,9730	1,0243
OCTUBRE	0,6850	0,7196
NOVIEMBRE	0,4292	0,4501
DICIEMBRE	0,2936	0,3075

Valoración de la cobertura solar mensual y anual

Finalmente, la cobertura solar anual se obtendrá empleando todos los datos mensuales mediante la siguiente expresión:

$$Q_v = f Q_a$$

Cobertura solar anual:

$$\sum Q_v / \sum Q_a$$

C. Cobertura mensual y anual 22 placas

MES	NECESIDAD ENERGÉTICA MENSUAL (MJ)	Qv (MJ) (22 placas)	% (22 placas)
ENERO	27610,4762	8404,5594	30,44%
FEBRERO	24134,0271	9820,5884	40,69%
MARZO	24938,4947	15854,6761	63,58%
ABRIL	22410,1680	16155,0376	72,09%
MAYO	22266,5131	17708,2860	79,53%
JUNIO	20686,3089	18053,5580	87,27%
JULIO	20485,1921	21260,9495	103,79%
AGOSTO	21375,8526	20815,3810	97,38%
SEPTIEMBRE	21548,2385	20965,3737	97,30%
OCTUBRE	23157,1736	15862,6424	68,50%
NOVIEMBRE	24134,0271	10359,4335	42,92%
DICIEMBRE	27610,4762	8105,8869	29,36%

Cobertura solar anual 22 placas = 67,74%

D. Cobertura mensual y anual 23 placas

MES	NECESIDAD ENERGÉTICA MENSUAL (MJ)	Qv (MJ) (23 placas)	% (23 placas)
ENERO	27610,4762	8804,522676	31,89%
FEBRERO	24134,0271	10296,13002	42,66%
MARZO	24938,4947	16650,32857	66,77%
ABRIL	22410,1680	16974,5577	75,74%
MAYO	22266,5131	18617,0437	83,61%
JUNIO	20686,3089	18991,36391	91,81%
JULIO	20485,1921	22391,05045	109,30%
AGOSTO	21375,8526	21914,59158	102,52%
SEPTIEMBRE	21548,2385	22072,83433	102,43%
OCTUBRE	23157,1736	16665,05975	71,96%
NOVIEMBRE	24134,0271	10862,07247	45,01%
DICIEMBRE	27610,4762	8491,093858	30,75%

Cobertura solar anual 23 placas = 68,75%

Con 23 colectores, el rendimiento en el mes de Julio es casi del 110%. La normativa exige que no haya tres meses consecutivos por encima del 100% del rendimiento y en ningún caso se supera el 110%. El rendimiento no se mejora considerablemente con respecto a 22 colectores. Es por ello que se elige la colocación de 22 colectores solares del modelo Solahart M.

3.16.2 CÁLCULO DE PÉRDIDAS

La inclinación de los captadores es de $\beta = 45^\circ$. Como el ángulo de Acimut es igual a cero, al tener el colector orientación sur, obtenemos un porcentaje de energía respecto al máximo de un 95-100% para ambos casos.

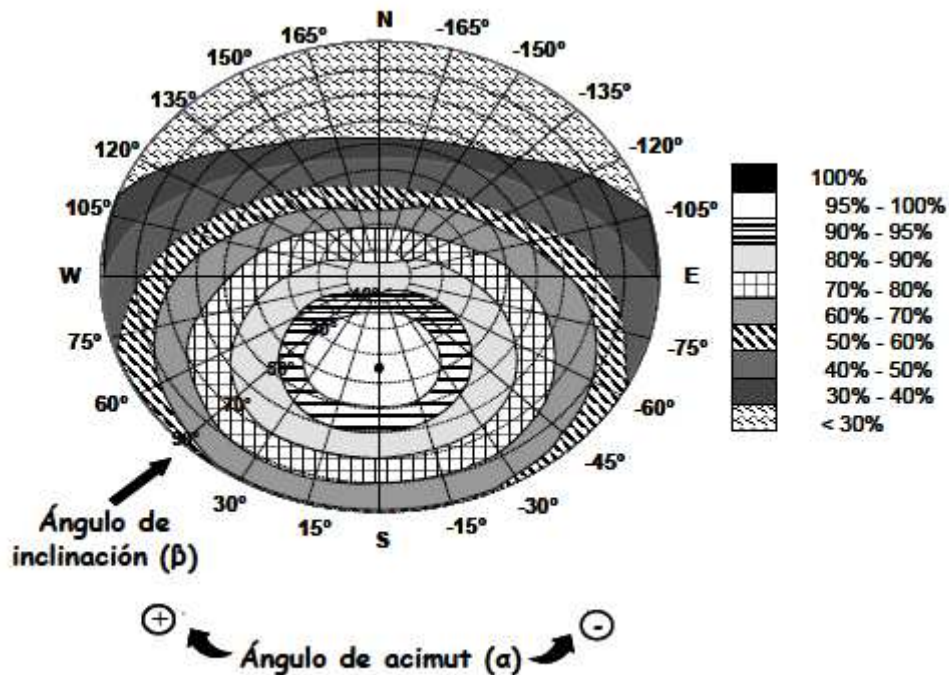


Figura 3.3
Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación.

Obtenemos un total de pérdidas del 5% por la orientación de los captadores, lo cual es muy inferior al 15% establecido por la HE-4.

Cumplimiento normativa HE intercambiador

Según el documento básico HE de ahorro de energía, la potencia del intercambiador ha de ser superior al producto del área de placas solares por 500. Se comprueba:

$$P \geq 500 \cdot 1.8 \cdot 22 = 19.80 \text{ kW}$$

Como ya se ha asegurado de dimensionar con anterioridad el intercambiador lo suficientemente grande como para cumplir esta condición:

$$P_{\max int} = 28,91 \geq 19.80 \text{ kW}$$

CUMPLE

3.16.3 DIMENSIONADO VASO DE EXPANSIÓN

Nuevamente se calculará el vaso de expansión del circuito primario del suelo radiante según la normativa UNE 100-155 donde se procede de la siguiente manera:

$$V_T = V_a \cdot C_e \cdot C_p$$

Donde:

V_T = volumen del vaso de expansión

V_a = volumen del circuito primario

$$V \text{ colectores} = 22 \text{ uds} \times 3 \text{ litros} = 66 \text{ litros}$$

$$V \text{ bomba} = 33 \text{ litros}$$

$$V \text{ tuberías} = (V/m^2) \cdot L_{\text{circuito}} = \pi r^2 \cdot L = 4.995 \text{ l}$$

C_e = coeficiente de expansión del fluido = 0.04

C_p = coeficiente de presión, que a su vez es igual:

$$C_p = PM/PM-PS$$

Donde:

PM = presión de tarado de la válvula de expansión = 10 bar

PS = presión de servicio de sistema = 3.5 bar

$$V_T = 103.99 \cdot 0.04 \cdot 10/6.5 = 6.40 \text{ l}$$

Con este valor se dimensiona un vaso de expansión comercial de 8 litros de capacidad, de la casa Salvador Escoda S.A. modelo AC 04016. A continuación de describen brevemente sus principales características:



Código	Artículo	Capacidad lts.	Presión máx. trabajo	Presión precarga bar	D mm	H mm	H1 mm	Conexión de agua Ø DIN 259
AC 04 016	8 AMR	8	10	1,5	200	350	–	1"

Los vasos de expansión de membrana fija, están destinados para trabajar en instalaciones de calefacción y en sistemas de refrigeración en circuito cerrado y permiten absorber los aumentos de volumen producidos por la elevación de la temperatura del fluido calefactor.

- La temperatura máxima de funcionamiento es de -10°C +110°C
- La membrana es de caucho sintético, de acuerdo con las características físicas y mecánicas de las normas DIN 4.807
- Estos recipientes están homologados y fabricados cumpliendo normas vigentes. Se suministran con el certificado del ensayo correspondiente a que han sido sometidos.
- Exteriormente los vasos van pintados en color rojo RAL 3013

3.16.4 DIMENSIONADO BOMBA DE IMPULSIÓN

La bomba se coloca tras el paso por el intercambiador. Se calcularán las pérdidas de carga producidas por la disposición física de la instalación, por la circulación del fluido y los diferentes elementos constitutivos del sistema.

Se plantea la ecuación de pérdidas:

$$(V_1^2/2g)+(P_1/\gamma)+Z_1 = (V_2^2/2g)+(P_2/\gamma)+Z_2+H_{r12} + H_B$$

$$H_B = L_T H_{cl} + \sum k(v^2/2g) + (Z_2 - Z_1)$$

Donde:

L_T : longitud total del circuito primario = 15.9 m

H_{cl} : pérdida de carga por metro de tubo = 12 mm c.a./m

Z_2-Z_1 : pérdidas por altura geométrica = 5.95 m

K: factor de pérdida característico de cada elemento.

K: codos de 90°: 0,75

Nº de codos = 13

K: válvulas esféricas: 10

Nº de válvulas = 5

K: válvulas antiretorno: 2,5

Nº de válvulas = 1

K: válvula T de tres y cuatro vías: 1,8

Nº de válvulas = 6

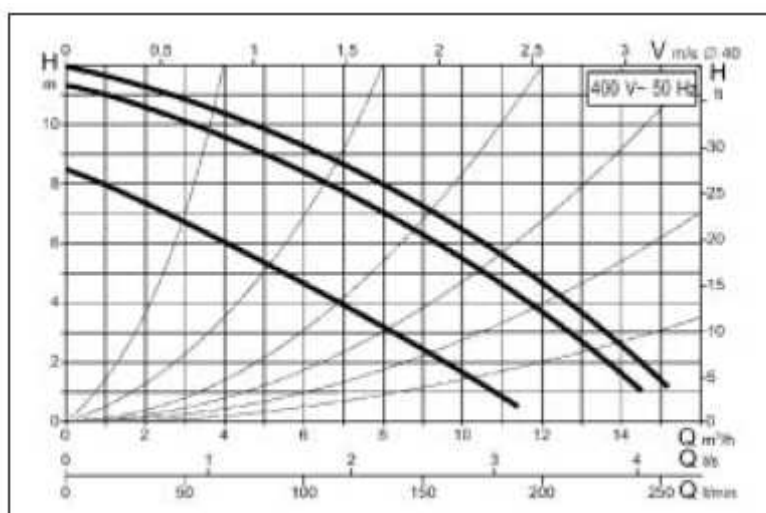
K: válvula de seguridad: 1,8

Nº de válvulas = 2

Con estos cálculos se obtiene una altura de bomba de:

$$H_B = 6,144 \text{ m}$$

Se selecciona también la misma bomba que para el circuito primario de ACS, una bomba BPH 120/250,40 T simple con bridas trifásica de 2800 r.p.m.



4. INSTALACIÓN DE LA CALDERA

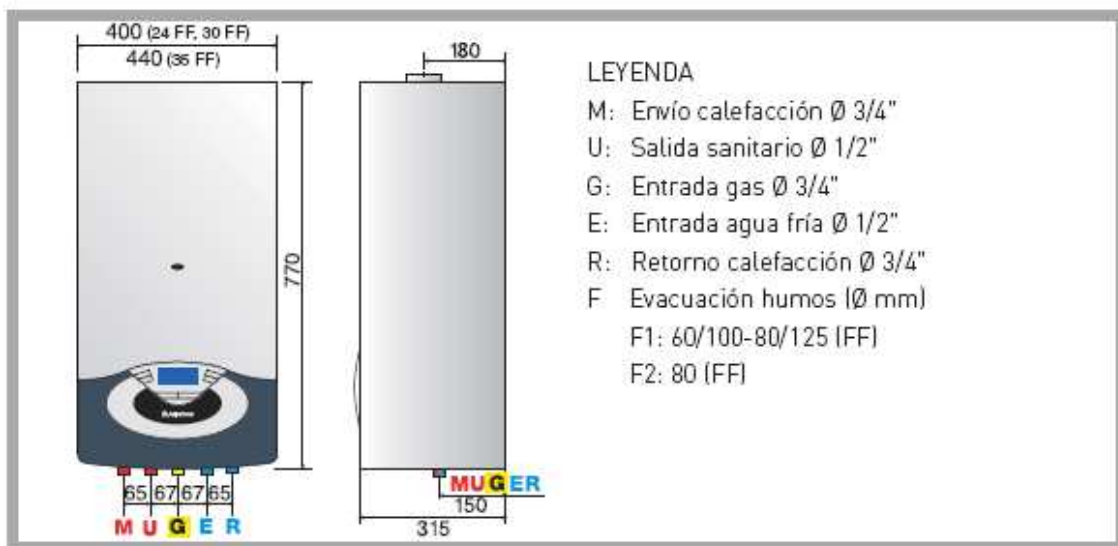
4.1. CÁLCULO DE LA CALDERA TOTAL

La potencia de la caldera a instalar es la suma de las dos potencias ya calculadas para las necesidades de suelo radiante y acs.

$$P_T = P_{ACS} + P_{SR}$$

$$P_T = 7.72 + 7.04 = 14.76 \text{ kW}$$

Se procede a la colocación de una caldera mural de gas Genus modelo 24 KK. Estas calderas tienen entrada y salida tanto para la calefacción como para el ACS. Sus dimensiones son las siguientes:



En cuanto a sus características técnicas, necesitamos que nos suministre 14,76 Kw y esta caldera tiene un rango desde 11 a 25,8 Kw. Otras propiedades se recogen en la siguiente tabla:

Datos técnicos

		24 FF	30 FF	35 FF
CÁMARA		estanca	estanca	estanca
Certificado CE		1312BR4793		1312BR4924
POTENCIA				
Potencia nominal máx./mín. (calef.)	kW	25,8/11,0	30,0/13,0	34,5/15,0
Potencia nominal máx./mín. (sanit.)	kW	27,0/11,0	31,3/13,0	36,0/15,0
Potencia útil máx./mín. (60/80°C) (calef.)	kW	24,2/10,2	28,1/12,1	32,3/14,5
Potencia útil máx./mín. (sanit.)	kW	26,2/10,2	29,5/11,6	33,5/14,0
RENDIMIENTOS				
A la potencia nominal (60/80°C)	%	93,8	93,6	93,6
Al 30% de la potencia (ret. 30°C)	%	93,6	93,2	92,6
PRESTACIONES				
Temperatura máx./mín. calefacción	°C	82/35	82/35	82/35
Temperatura máx./mín. sanitario	°C	60/36	60/36	60/36
Cantidad agua caliente (DT=25°C)	l/min	15,0	16,9	19,2
Cantidad agua caliente (DT=35°C)	l/min	10,7	12,1	13,7
Caudal específico (primeros 10 min con DT=30°C)	l/min	12,5	14,1	16,0
PARTE ELÉCTRICA				
Tensión/Frecuencia de alimentación	V/Hz	230/50	230/50	230/50
Potencia eléctrica absorbida total	W	117	127	152
Grado de protección de la instalación eléctrica	IP	X5D	X5D	X5D
PESO Y DIMENSIONES				
Peso	Kg	31	31	32
Dimensiones (alto-ancho-fondo)	cm	77-40-31,5	77-40-31,5	77-44-31,5

4.2. INSTALACIÓN DE GAS NATURAL

Como combustible se adopta gas natural, distribuido por Gas Navarra, S.A., cuyas acometidas y elementos de instalación, cumplirán las normas establecidas por dicha compañía.

Se colocará un armario de regulación M.P.B. A6 empotrado en muro exterior de la vivienda. Irán colocados a 0,80 m mínimo del suelo, con respecto a la parte inferior del armario.

La caldera se colocará en garaje en planta baja, en el lugar ya previsto.

La alimentación de gas desde el armario de regulación hasta la caldera irá parte de forma subterránea, parte fijada a la pared en subida y techo del garaje de forma superficial, siendo la tubería de PE 32 en tramo subterráneo hasta subida y de cobre 19-22 mm y espesor 1,5 mm. El tramo de tubería que sube fachada irá envainada con tubería de cobre 26-28 mm.

Se colocará una llave para corte de gas, justamente en el tramo de subida por fachada en el exterior, otra a la entrada del garaje y otra antes de la caldera.

4.2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN LA RED DE GAS

4.2.1.1 Tallos de acometida

Los tallos de acometida, unirán la red de suministro con el armario de regulación empotrado en el muro de entrada de la vivienda.

La tubería será de polietileno PE-32, según normas Gas Navarra, sobre zanja normalizada por la empresa suministradora.

Esta tubería se profundizará a 40 cm sobre el terreno, dejando un saliente hasta las acometidas realizadas por Gas Navarra, S.A.

En tramo MPB la pérdida de carga admisible no superará el 2,5% de la presión mínima garantizada. (0,5 kg/cm²)

4.2.1.2 Instalación a caldera

Es el conjunto de conducciones y accesorios, comprendidos entre el armario de regulación y la llave de la caldera.

La presión nominal de trabajo de esta parte de tubería será de 500 mm. c.a. y la pérdida de carga de presión admisible no sobrepasará el 5% de la presión mínima garantizada. (50 mm. c.a..)

Las características de los distintos elementos que intervienen son:

-ENTERRADA

tubería de polietileno, UNE 53.333 de diámetro 32 mm.

-SUPERFICIAL

Tubería de cobre con soldadura, UNE 37.141 de 19-22 mm y 1,5 mm de espesor. Las uniones se realizarán por soldadura fuerte de plata.

La alimentación de gas desde el armario de regulación hasta la caldera irá parte de forma subterránea, parte fijada a la pared en subida y techo del garaje de forma superficial, siendo la tubería de PE 32 en tramo subterráneo hasta subida y de cobre 19-22 mm y espesor 1,5 mm. El tramo de tubería que sube fachada irá envainada con

tubería de cobre 26-28 mm con ventilación en sus extremos y la tubería por techo de garaje será de cobre 19-22 mm y espesor 1,5 mm.

Las abrazaderas serán metálicas con recubrimiento de poliamida y con separación de 2 m en tramos horizontales y 3 m en tramos verticales.

-LLAVES

Se colocará una llave por vivienda después de la estación de regulación y otras dos llaves a la entrada de la vivienda en fachada exterior y junto a la caldera respectivamente.

Estas llaves serán de macho cónico en concordancia, según normas UNE 19681, debiendo ser bloqueables y precintables, para lo cual dispondrán de perforaciones en sus mandos.

-CHIMENEA

El conducto de evacuación de los gases de combustión al exterior, será hasta cubierta, siendo este coaxial de aluminio 80-125 mm de diámetro, compuesto por tubos concéntricos con recubrimiento epoxi-poliéster, calorifugándose con coquilla de fibra de vidrio y papel de aluminio.

Las chimeneas saldrán al exterior lo más cerca posible del punto más alto de la cubierta. Las chimeneas apoyarán en los forjados, que serán capaces de resistir la carga transmitida por las piezas de apoyo. La carga máxima transmitida a cada forjado no superará la correspondiente a 3,5 m de altura de chimenea.

5. VALVULERÍA

En el sistema de circulación del agua caliente sanitaria se han empleado tipos de válvulas como son las siguientes:

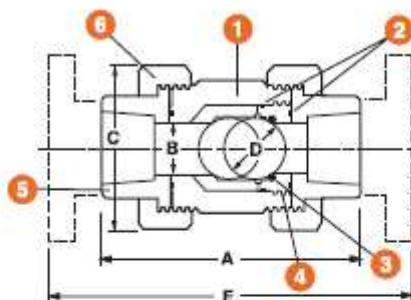
5.1. VÁLVULAS ANTIRETORNO

Pertenecientes a la casa Hayward, se colocarán el siguiente modelo de válvula de ½ pulgada de diámetro para que sea compatible con el diámetro de la tubería de cobre de 20 mm. Se fabrican en PVC y estas son sus dimensiones y características:

TECHNICAL INFORMATION, CONTINUED

PARTS LIST

1. Body
2. O-Ring Seals
3. Square Cut O-Ring Seat
4. Seal Retainer
5. End Connector
6. Union Nut



End check valve with float valve screen installed

DIMENSIONS – INCHES / MILLIMETERS

SIZE in / DN	A in / mm	B in / mm	C in / mm	D in / mm	E in / mm	F in / mm	G in / mm	WEIGHT lbs / kg	
								SOC / THD	FLANGED
1/4" / 8	3.06 / 78	.31 / 8	1.38 / 35	.50 / 13	N/A	N/A	N/A	.13 / .06	N/A
3/8" / 10	3.06 / 78	.31 / 8	1.38 / 35	.50 / 13	N/A	N/A	N/A	.13 / .06	N/A
1/2" / 15	4.63 / 118	.50 / 13	2.25 / 57	.75 / 19	6.75 / 171	4.88 / 124	2.32 / 59	.75 / .34	1.00 / .45
3/4" / 20*	4.75 / 121	.75 / 19	2.63 / 67	1.00 / 25	7.13 / 181	5.00 / 127	2.60 / 66	.75 / .34	1.38 / .63
1" / 25*	5.25 / 133	1.00 / 25	3.00 / 76	1.25 / 32	7.75 / 197	5.88 / 149	2.88 / 73	1.25 / .57	2.13 / .97
1-1/4" / 32*	6.30 / 160	1.25 / 32	4.00 / 102	1.75 / 44	9.19 / 233	6.94 / 176	3.75 / 95	2.00 / .91	3.75 / 1.70
1-1/2" / 40*	6.75 / 171	1.50 / 38	4.00 / 102	1.75 / 44	9.75 / 248	7.06 / 179	3.75 / 95	2.00 / .91	3.75 / 1.70
2" / 50*	8.00 / 203	1.94 / 49	4.75 / 121	2.25 / 57	11.25 / 286	8.56 / 217	4.50 / 114	3.75 / 1.70	5.75 / 2.61
2-1/2" / 63*	10.68 / 271	2.88 / 73	6.56 / 167	3.25 / 83	14.38 / 365	11.25 / 286	2.50 / 64	10.00 / 4.54	14.00 / 6.35
3" / 80	10.56 / 268	2.88 / 73	6.56 / 167	3.25 / 83	14.38 / 365	11.25 / 286	2.50 / 64	10.00 / 4.54	14.00 / 6.35
4" / 100	12.94 / 329	4.00 / 102	9.56 / 217	4.25 / 108	17.00 / 432	14.63 / 372	4.25 / 108	17.00 / 7.71	25.00 / 11.34
6" / 150	N/A	4.00 / 102	N/A	4.25 / 108	19.19 / 487	N/A	N/A	N/A	30.20 / 13.70

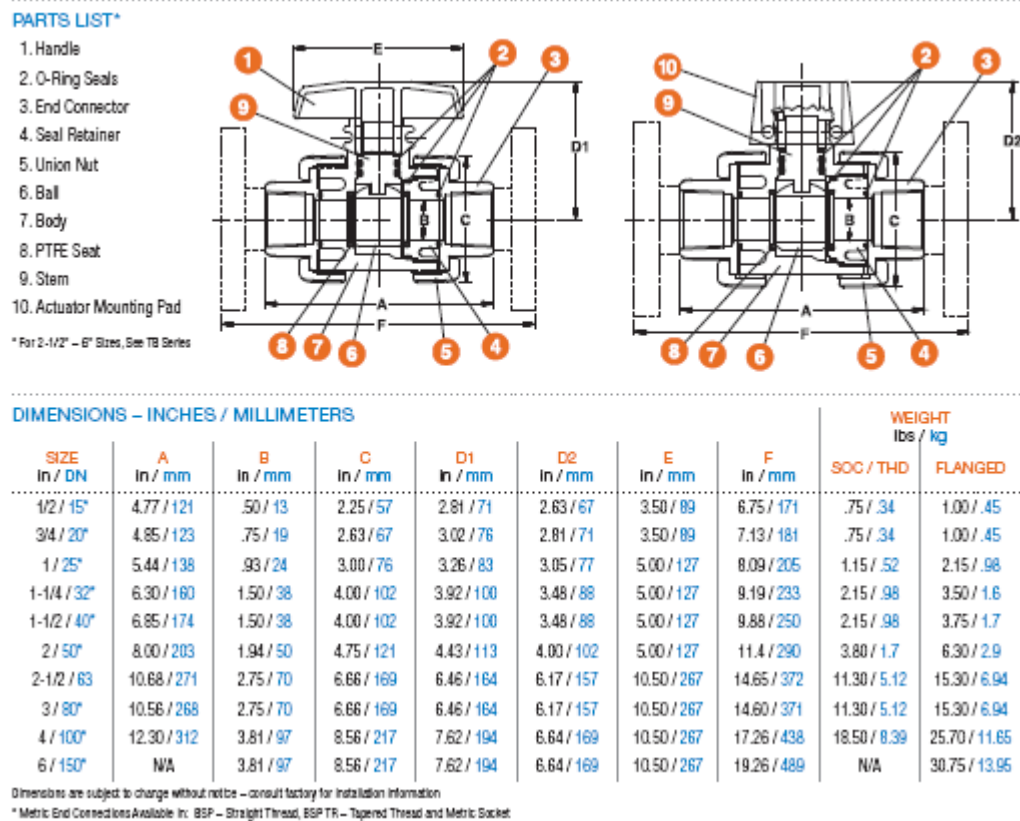
Dimensions are subject to change without notice – consult factory for installation information

Hayward TC Ball Check Valves require a minimum of 2 PSI to seat and 1-1/2 PSI cracking pressure to open

* Metric End Connectors Available In: BSP – Straight Thread, BSP TR – Tapered Thread and Metric Stud for PVC and CPVC Valves Only

5.2. VÁLVULAS ESFÉRICAS

También se han seleccionado válvulas esféricas de la misma casa que el elemento anterior, de ¾ pulgada de diámetro y fabricadas en pvc para compatibilizar con la tubería de circulación. Estas son sus características:

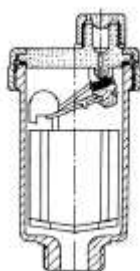
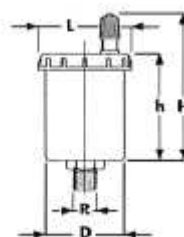


5.3. PURGADORES

Se han colocado una serie de purgadores en las zonas altas del circuito. Se ubican a las salidas de los colectores y los acumuladores. Los purgadores elegidos pertenecen a la casa Salvador Escoda, S.A. Sus diámetros son de ¾ de pulgada y están fabricadas en latón OT-58. Es un purgador automático que tiene un dispositivo de boya para la expulsión del aire del circuito. Sus dimensiones son las siguientes (codigo AC 01 025):

Dimensiones:

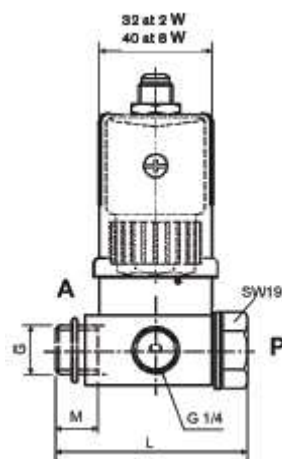
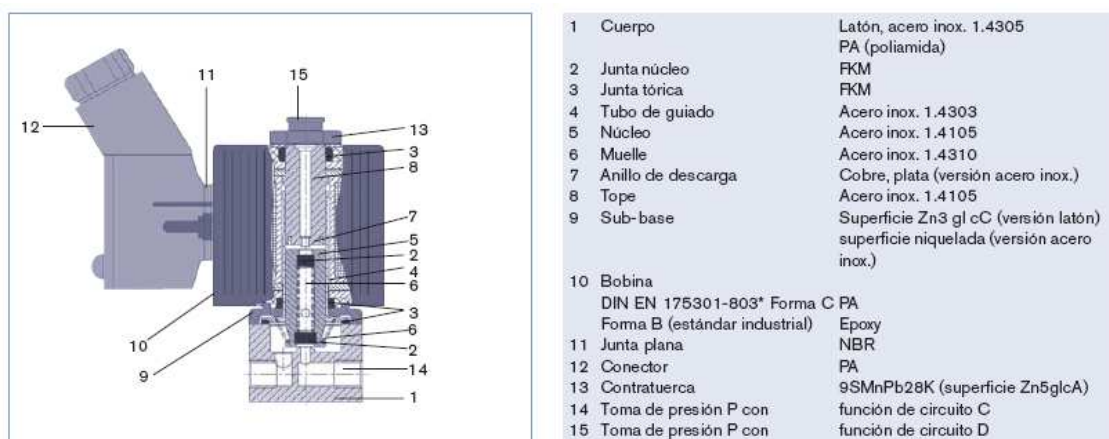
Código	R	D	h	H	L	Peso grs.	Temp. máx. °C	Presión máx. bar
AC 01 020	1/8"	35	49	64	33	109	115	10
AC 01 021	1/4"	29	51	71	37	110	110	10
AC 01 022	3/8"	40	52	73	50	190	110	10
AC 01 029	3/8"	31	54	61	35	120	110	6
AC 01 024	1/2"	40	52	73	50	200	110	10
AC 01 025	3/4"	32	51	68	35	158	110	10



5.4. ELECTROVÁLVULAS

Las electroválvulas tipo émbolo de acción directa 3/2 vías (como los tipos 6012 y 6014 de Bürkert) tienen 3 puertos y dos asientos de válvula. De forma alternativa, siempre hay uno de los asientos abierto y otro cerrado.

El circuito en el interior de la válvula depende del modo en que estén asignados los puertos, es decir, de qué manera estén conectados al sistema de fluido. En un circuito C (NC), el puerto P (véase figura nº 14) está conectado al conducto del fluido presurizado. El puerto A es la salida y el puerto R (véase figura nº 15) es el retorno o el venteo. En estado desactivado, un muelle cónico fuerza el núcleo (émbolo) contra el asiento de la válvula 1, y bloquea el paso a través de P. La salida A se conecta al retorno R. Después de la activación, el núcleo se desplaza hacia el solenoide, y el asiento de la válvula 2 se cierra por efecto de la junta de la válvula 2, que va montada en un muelle. Con ello se cierra el retorno R. Cuando el émbolo se desplaza hacia arriba, el asiento de válvula 1 se abre, y el fluido puede pasar de P a A. En los circuitos D (NA), el retorno R está cerrado normalmente.



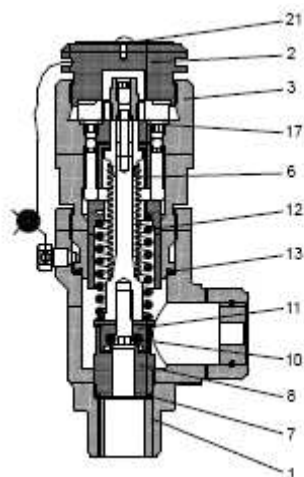
Electroválvulas de 3/2 vías y acción directa; entrada P cerrada, salida A derivada a R (izquierda); entrada P abierta hasta la salida A (derecha).

Bürkert Fluid Control Systems Electroválvulas de émbolo y 3/2 vías.

5.5. VÁLVULAS DE SEGURIDAD

Se define como válvula de seguridad a un dispositivo que se inserta en algún punto del circuito y que está diseñado de forma que al subir la presión por encima de un valor determinado, llamado presión de tarado, se abre automáticamente.

Las calderas con vaso de expansión cerrado, equipos de producción y almacenamiento de agua caliente y, en general, los circuitos que no estén en contacto con la atmósfera llevarán una válvula de seguridad generalmente acompañada de un manómetro. Teniendo en cuenta que a mayor temperatura mayor presión, suele colocarse en el tubo de ida y en las proximidades de la caldera. También se ubicarán en la salida de los acumuladores.

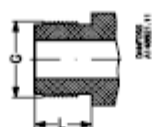


Nº	Pieza	Material	DIN	ISO	ASTM
1	Cuerpo	Acero	TT 5e.35 N/V, 17173	TW 6, 3604/5-75	Grado 1, A353, A334 A350 LF2 1
2	Tapa roscada	Acero	95 Mn20, 1651 - 80	115 Mn20 630/9 - 80	1213 SAE J 403
3	Parte superior de la válvula	Acero	St 37.2, 1652 - 2 - 90	Fe 360 B, 660 - 80	Grado C, A 283
6	Fuelle	Acero Inoxidable			
7	Junta	Aluminio			
8	Asiento de válvula	Acero Inoxidable			
10	Junta tónica	Cloropreno (Neopreno)			
11	Cono	Acero			
12	Muelle	Acero	Clase C, 17223-1-84		A 679 SAE J 403
13	Junta tónica	Cloropreno (Neopreno)			
17	Junta	Aluminio			
21	Etiqueta de identificación	Aluminio			

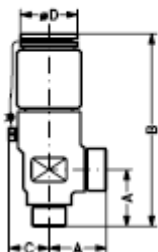
La presión de tarado de las válvulas es de 10 bares y están fabricadas principalmente en acero y aluminio. Se escogerá el modelo BSV 8 de conexión por medio de racores de $\frac{3}{4}$ de pulgada. La casa fabricante de este tipo de valvulería es Danfoss.

Conexiones

T



Conex. mm	Conex. in.	Entrada	Salida		L mm	L in.		
Rosca externa T, (ISO 228/1)								
8	$\frac{1}{4}$	G $\frac{1}{4}$	G 1		17	0.67		



Válvula		A	B	C	ØD	AF	Peso
BSV 8, con conexiones roscadas ISO 228/1							
BSV 8 (V _{1/4} in.)	mm	45	150	32	50	46	1.5 kg
	in.	1.77	5.91	1.26	1.97	1.81	3.3 lb

Los pesos especificados son aproximados.

6. CONTROL Y REGULACIÓN DEL SISTEMA

El correcto diseño del sistema de control asegurará el correcto funcionamiento de las instalaciones, un óptimo aprovechamiento de la energía solar, y un uso adecuado de la energía auxiliar. El sistema de regulación y control comprende los siguientes sistemas:

- control de funcionamiento de los circuitos primarios y secundarios
- un sistema de protección y seguridad de las instalaciones contra el sobrecalentamiento y heladas.

El sistema de control se realizará por control diferencial de temperaturas y por intervalos en determinados puntos de interés como la temperatura de consumo. Para optimizar el rendimiento solar, las bombas de impulsión estarán paradas cuando las temperaturas de entrada y salida difieran en menos de 7°C e impulsarán cuando esta variación sea mayor de 7°C.

6.1. DISEÑO SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

Para instalaciones mayores a 20m² hay que disponer de al menos un sistema analógico que indique como mínimo las siguientes variables:

Opción 1

- temperatura entrada agua fría red.
- Temperatura captadores
- Caudal agua fría de red

Opción 2

- Temperatura inferior del acumulador solar
- Temperatura captadores
- Caudal del circuito primario.

6.2. CENTRALITA DE CONTROL

Las instalaciones proyectadas para la vivienda unifamiliar están controladas electrónicamente por una centralita instalada en el vestíbulo de entrada de la planta baja.

Su función es la de controlar las órdenes de llenado del suelo radiante, caudales y temperatura.

6.2.1 SONDAS DE TEMPERATURA

A lo largo del circuito se instalan 13 sondas de temperatura para controlar todos los puntos de interés de la instalación. Con ellas se determinará el funcionamiento de las bombas de impulsión y las llaves de paso. También para el correcto funcionamiento del suelo radiante se coloca una sonda por habitación, es decir, por circuito, en total 12 termómetros mas. Esto hace un total de 25 sondas de temperatura.

La ubicación exacta de las sondas se puede ver en el plano: esquema ACS y Suelo Radiante.

6.2.2 ELECTROVÁLVULAS

Como ya se ha indicado con anterioridad, se colocarán en cada salida del colector de retorno. Al existir 12 circuitos independientes de suelo radiante, se colocarán el mismo número de electroválvulas. Su ubicación exacta en la caja de colectores.

También se fijan dos electroválvulas de tres vías para protección contra sobrecalentamientos. Se localizan en el tramo acumulador secundario – ACS y en el intercambiador caja de colectores del suelo radiante.

6.2.3 CAUDALÍMETROS

Se colocarán cuatro, uno por cada sistema de impulsión: Solar-Suelo radiante, Solar-ACS, Caldera-Suelo radiante y Caldera-ACS

6.2.4 BOMBAS Y VÁLVULAS

Las bombas del circuito al igual que las válvulas de paso de entrada de agua fría de red contra sobrecalentamientos, también vendrán reguladas por la centralita. A continuación se muestra un esquema de cómo se debe programar la centralita:

Circuito Primario**Circuito secundario**

$65^{\circ} > T_1 > 70^{\circ}$
 $T_2 - T_3 > 7^{\circ}$

Bomba 1 ON

$T_1 > 70^{\circ} \Rightarrow$ Bomba 1 OFF

$T_1 < 65^{\circ} \Rightarrow$ Bomba 1 ON

$T_2 - T_3 < 7^{\circ} \Rightarrow$ Bomba 1 OFF

$50 \leq T_4 \leq 55^{\circ}$

Bomba 1 ON
 Bomba 3 ON
 Bomba 5 OFF
 Válvula 1 **CLOSE**

$T_4 > 55^{\circ}$

Bomba 1 OFF
 Bomba 3 OFF
 Bomba 5 OFF
 Válvula 1 **OPEN**

$T_4 < 50^{\circ}$

Bomba 1 OFF
 Bomba 3 OFF
 Bomba 5 ON
 Válvula 1 **CLOSE**

$T_5 < 50^{\circ} \Rightarrow$ Bomba 5 ON
 $T_5 > 60^{\circ} \Rightarrow$ Bomba 5 OFF



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE ACS Y
CALEFACCION POR SUELO RADIANTE CON PLACAS
SOLARES TÉRMICAS”

DOCUMENTO N°3: PLANOS

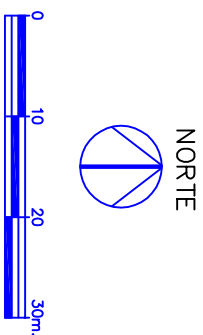
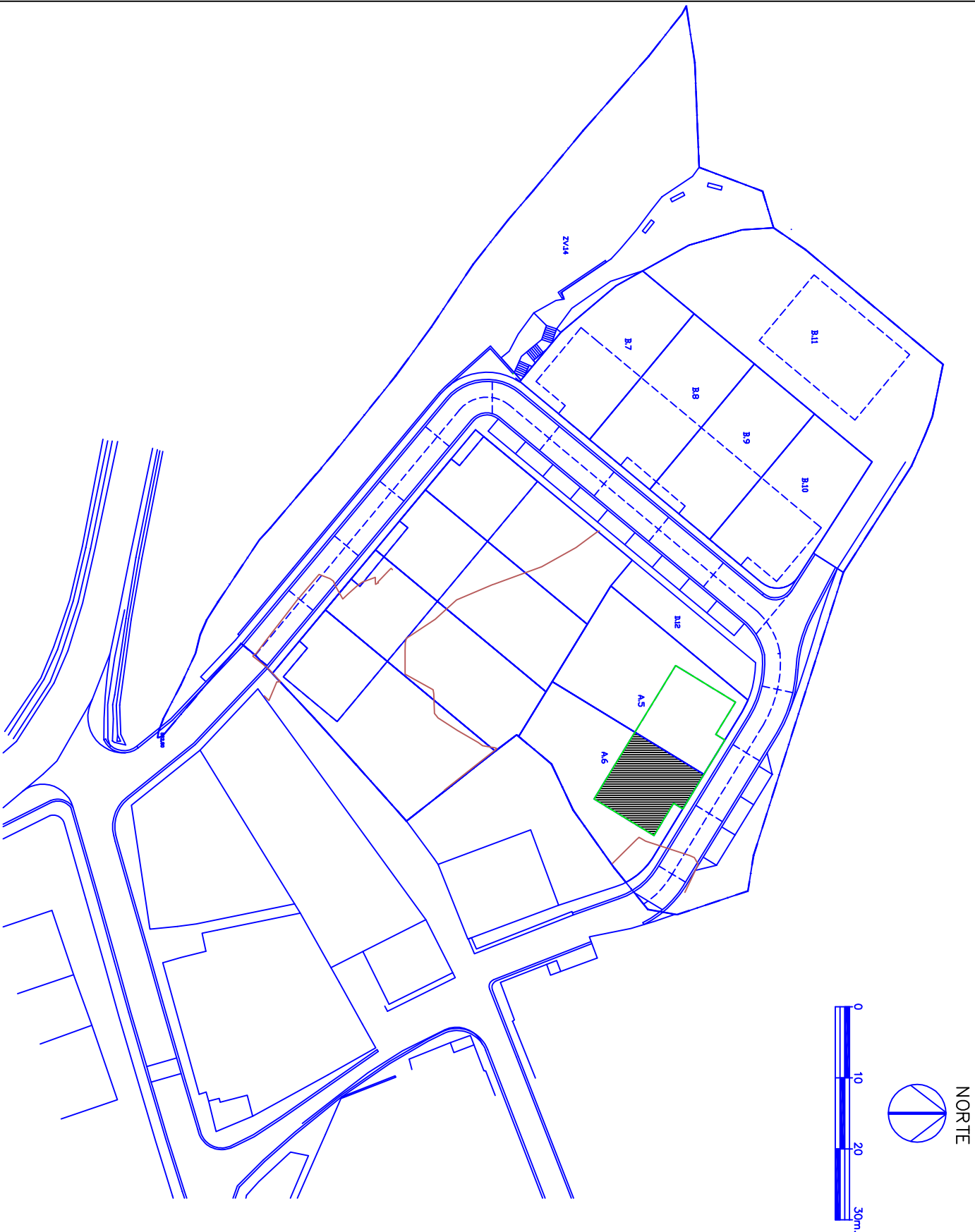
Aitor Gárate Bienzobas

Rafael Araujo

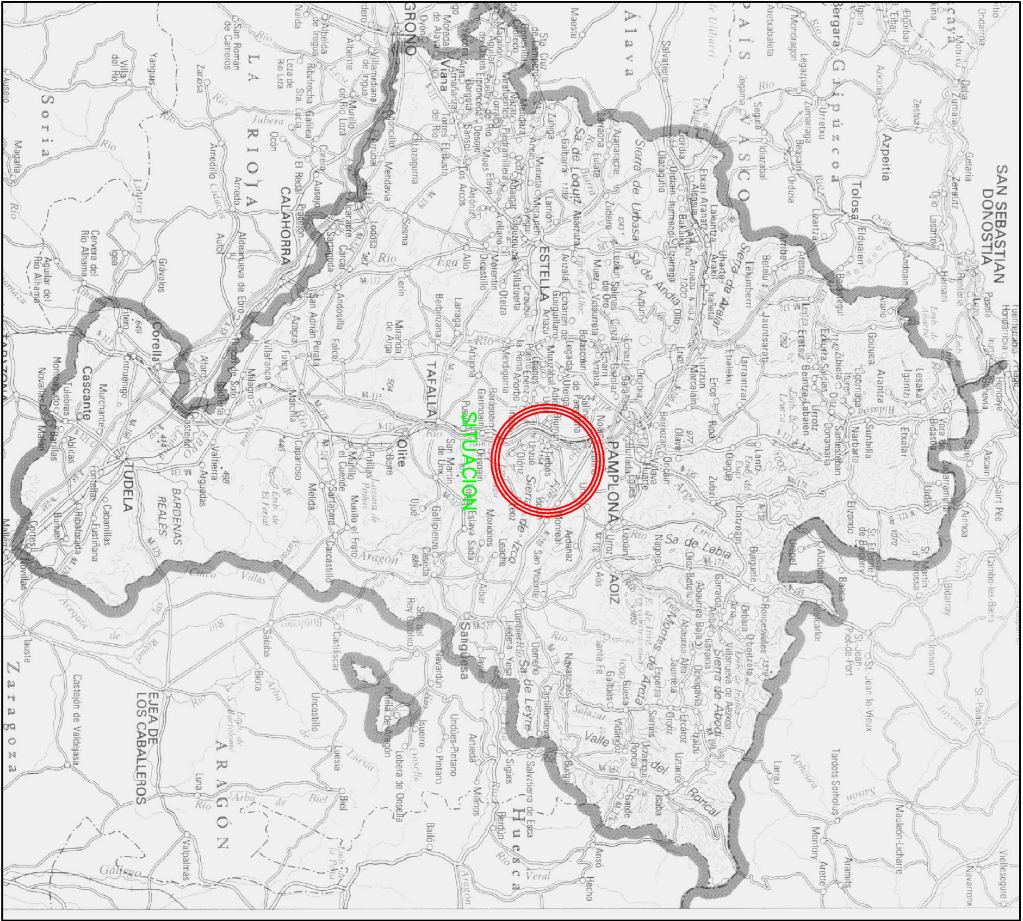
Pamplona, 25 de Abril de 2013


INDICE

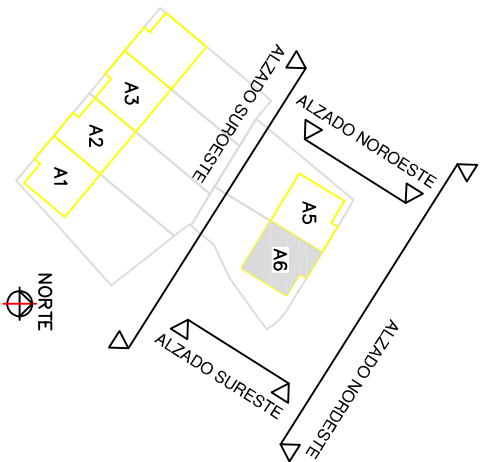
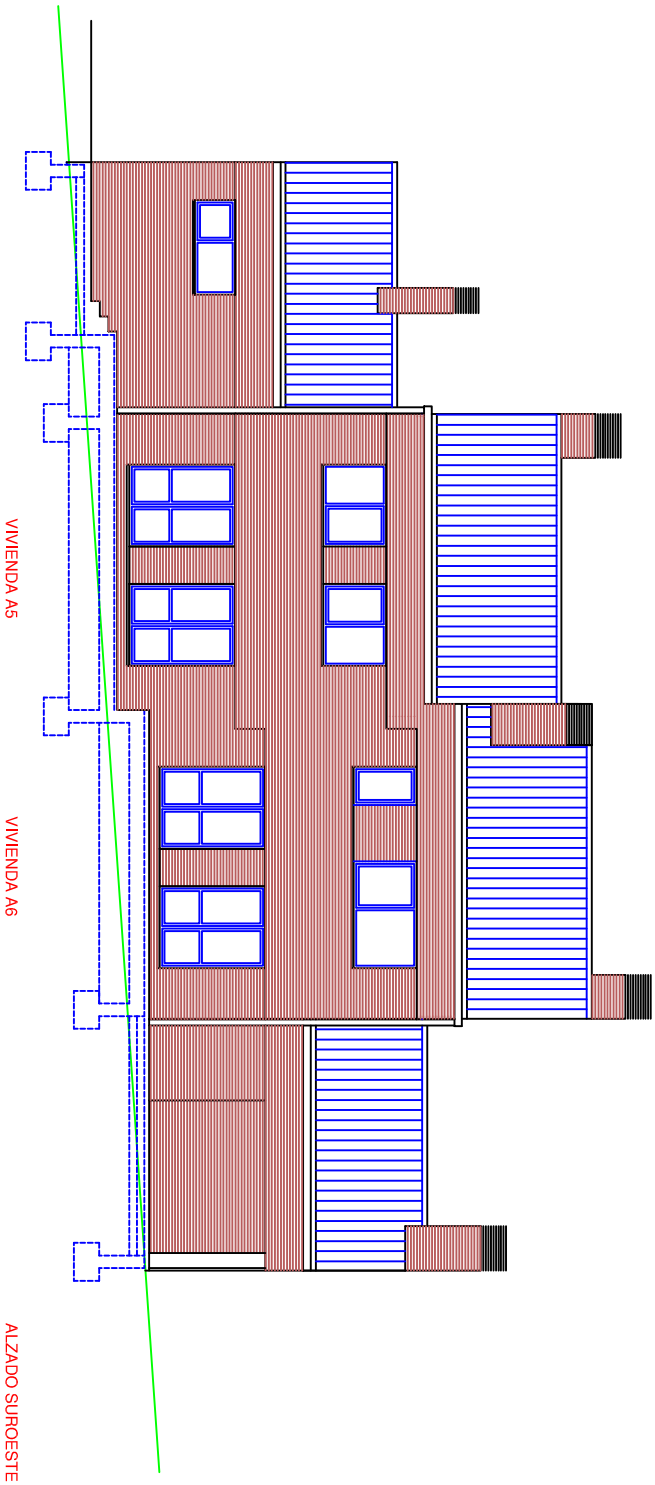
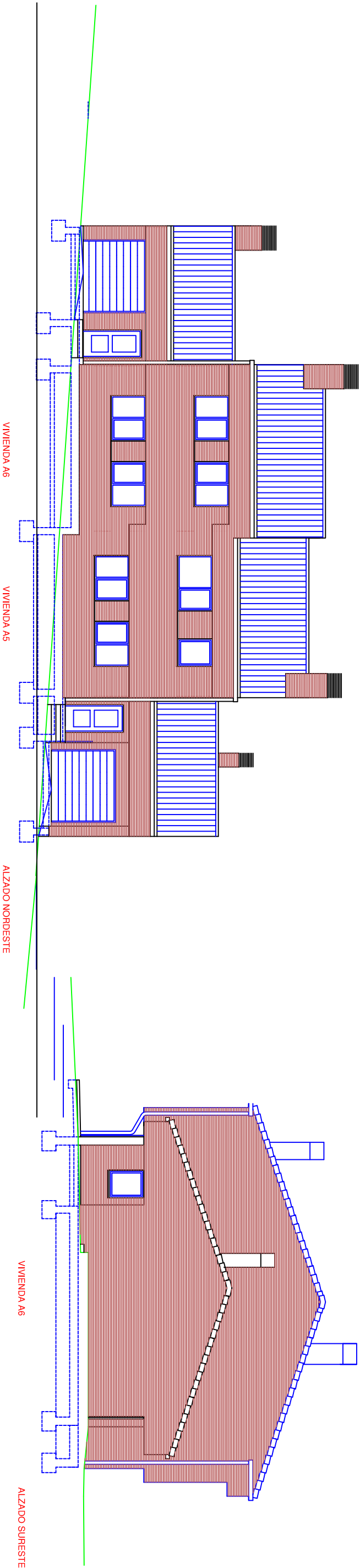
1. SITUACIÓN.....	3
2. ALZADOS	4
3. SECCIÓN	5
4. PLANTAS AMUEBLADAS Y SUPERFICIES.....	6
5. PLANTAS ACOTADAS	7
6. ACOMETIDA AGUA E INSTALACIÓN DE FONTANERIA ACS.....	8
7. ACOMETIDA DE GAS	9
8. INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN	10
9. ESQUEMA INSTALACIÓN SUELO RADIANTE Y ACS.....	11
10. ESQUEMA COLECTORES INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN.....	13




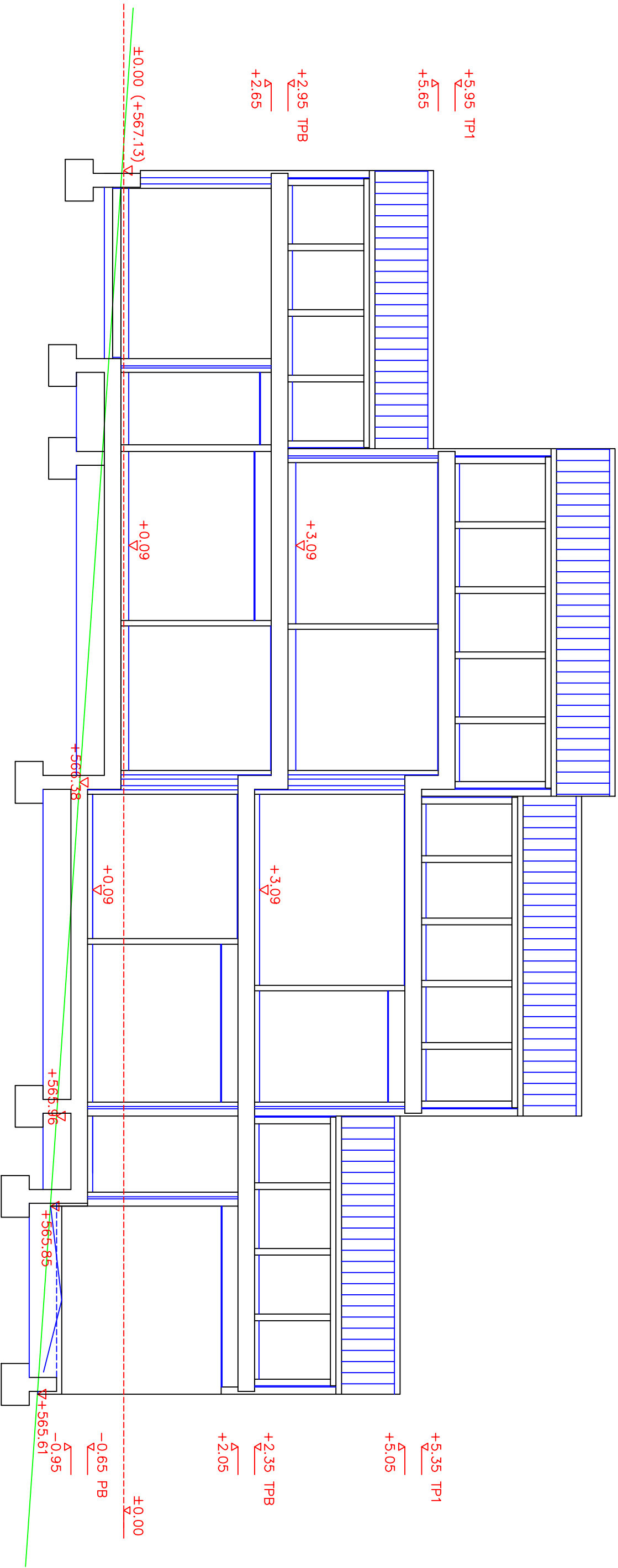
EMPLAZAMIENTO



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		REALIZADO: GARATE BIENZOBAS, AITOR		
PROYECTO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE ACS Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE CON PLACAS SOLARES TÉRMICAS			FIRMA:		
PLANO: SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO			FECHA: ABRIL 2.013	ESCALA: Nº 1/750	PLANO: 1

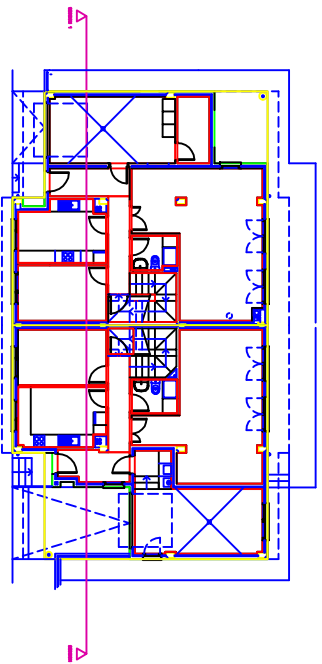



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		
PROYECTO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE ACS Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE CON PLACAS SOLARES TÉRMICAS			
REALIZADO: GÁRATE BIENZOBAS, AITOR			FIRMA:
PLANO:	ALZADOS		FECHA: ABRIL 2.013
			ESCALA: 1/150
			Nº PLANO: 2



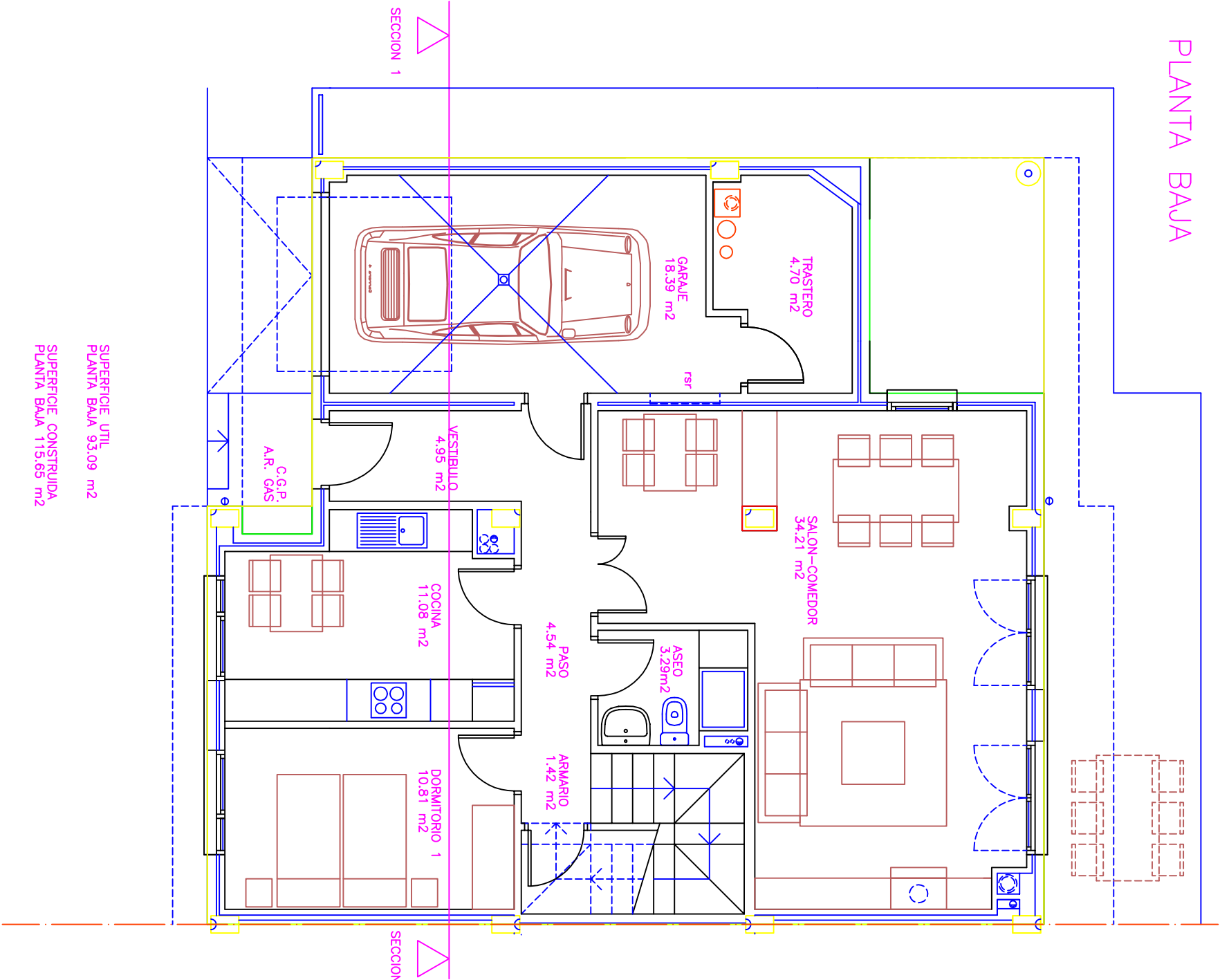
VIVIENDA A6

VIVIENDA A5



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		REALIZADO: GÁRATE BIENZOBAS, AITOR	
PROYECTO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE ACS Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE CON PLACAS SOLARES TÉRMICAS				
PLANO:	SECCIÓN	FECHA: ABRIL 2.013	ESCALA: 1/75	Nº PLANO: 3

PLANTA BAJA



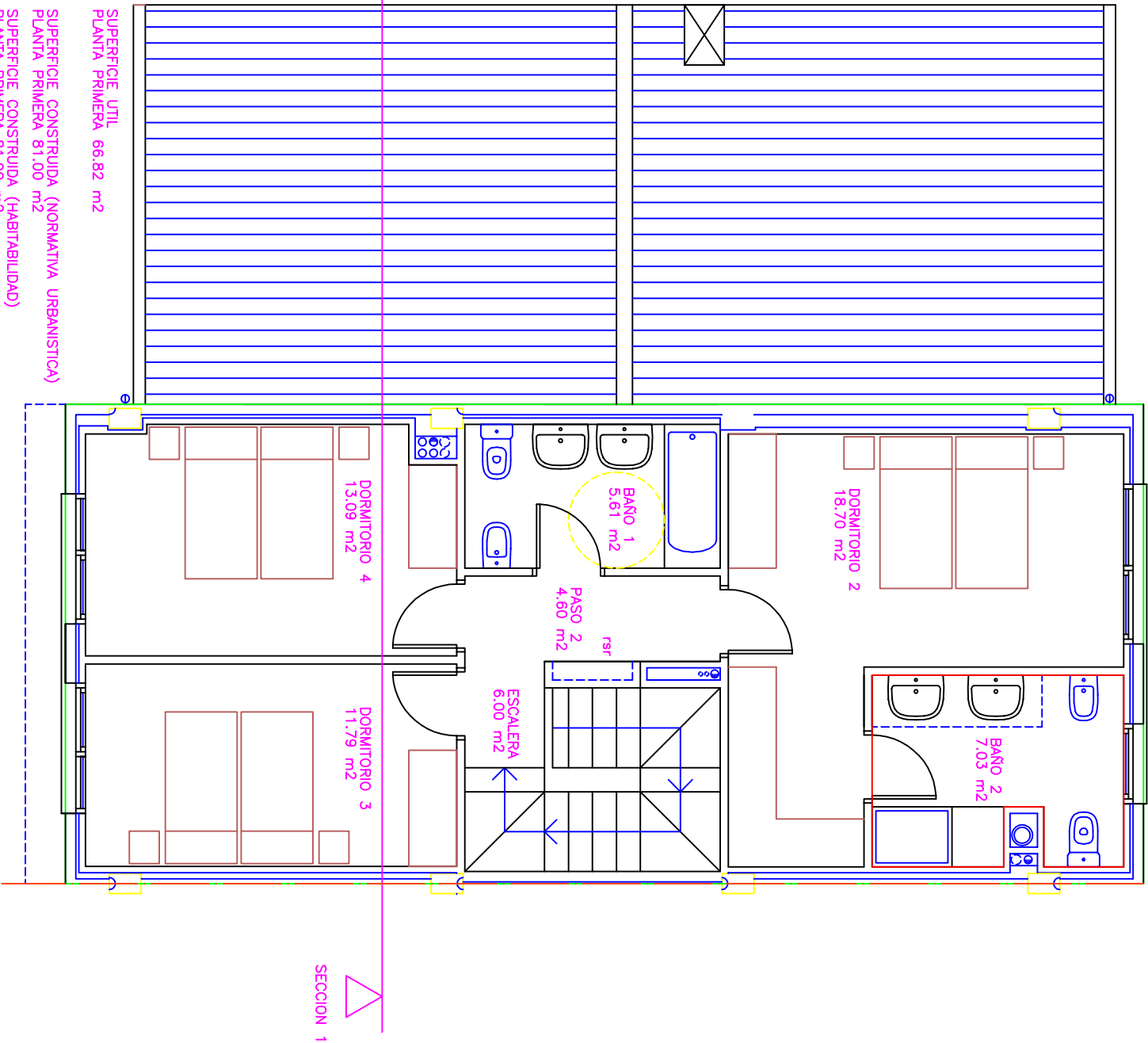
SUPERFICIE UTIL
PLANTA BAJA 93.09 m²

SUPERFICIE CONSTRUIDA
PLANTA BAJA 115.65 m²

SUPERFICIE UTIL TOTAL
PLANTA BAJA 159.91 m²

SUPERFICIE CONSTRUIDA TOTAL
PLANTA BAJA 196.65 m²


PLANTA PRIMERA

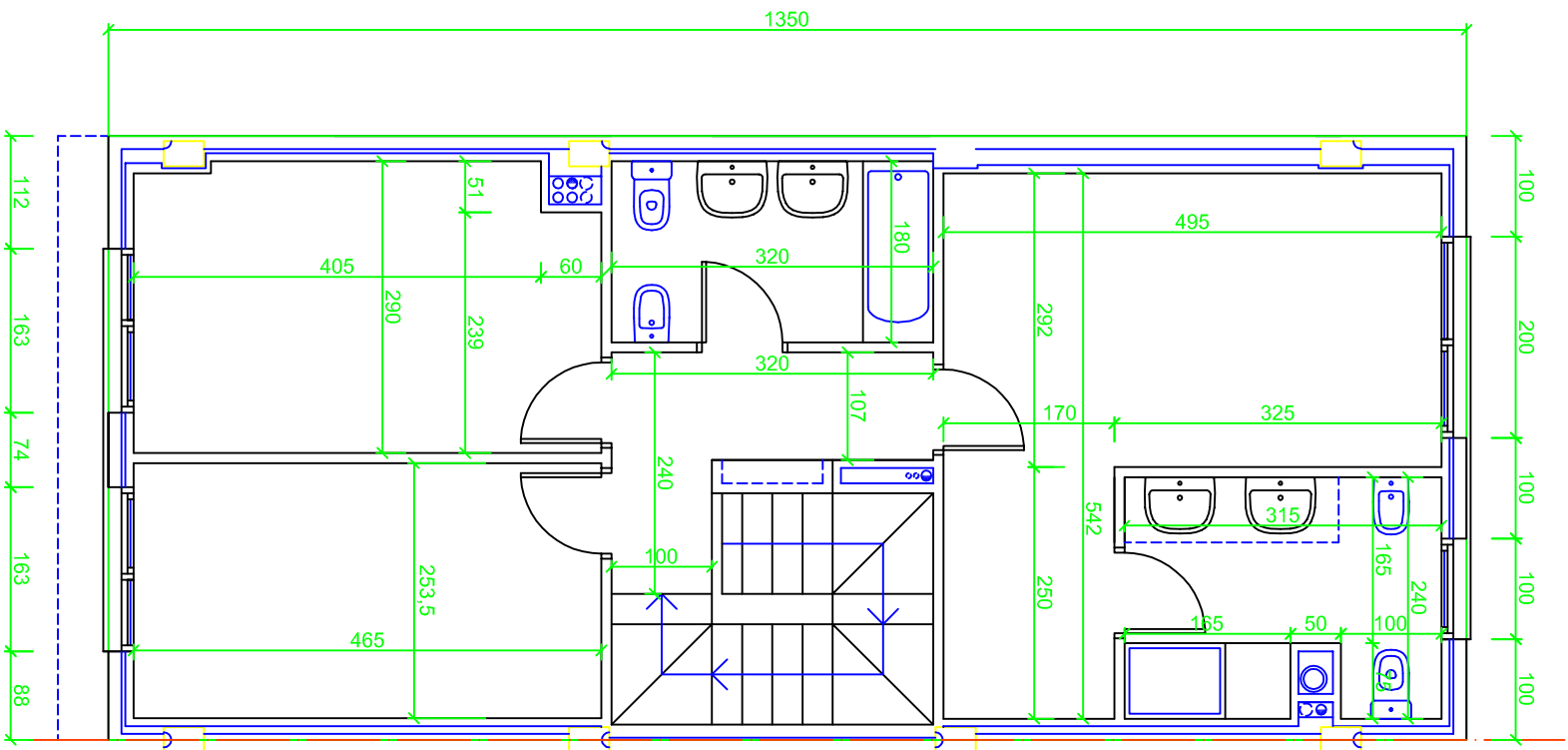
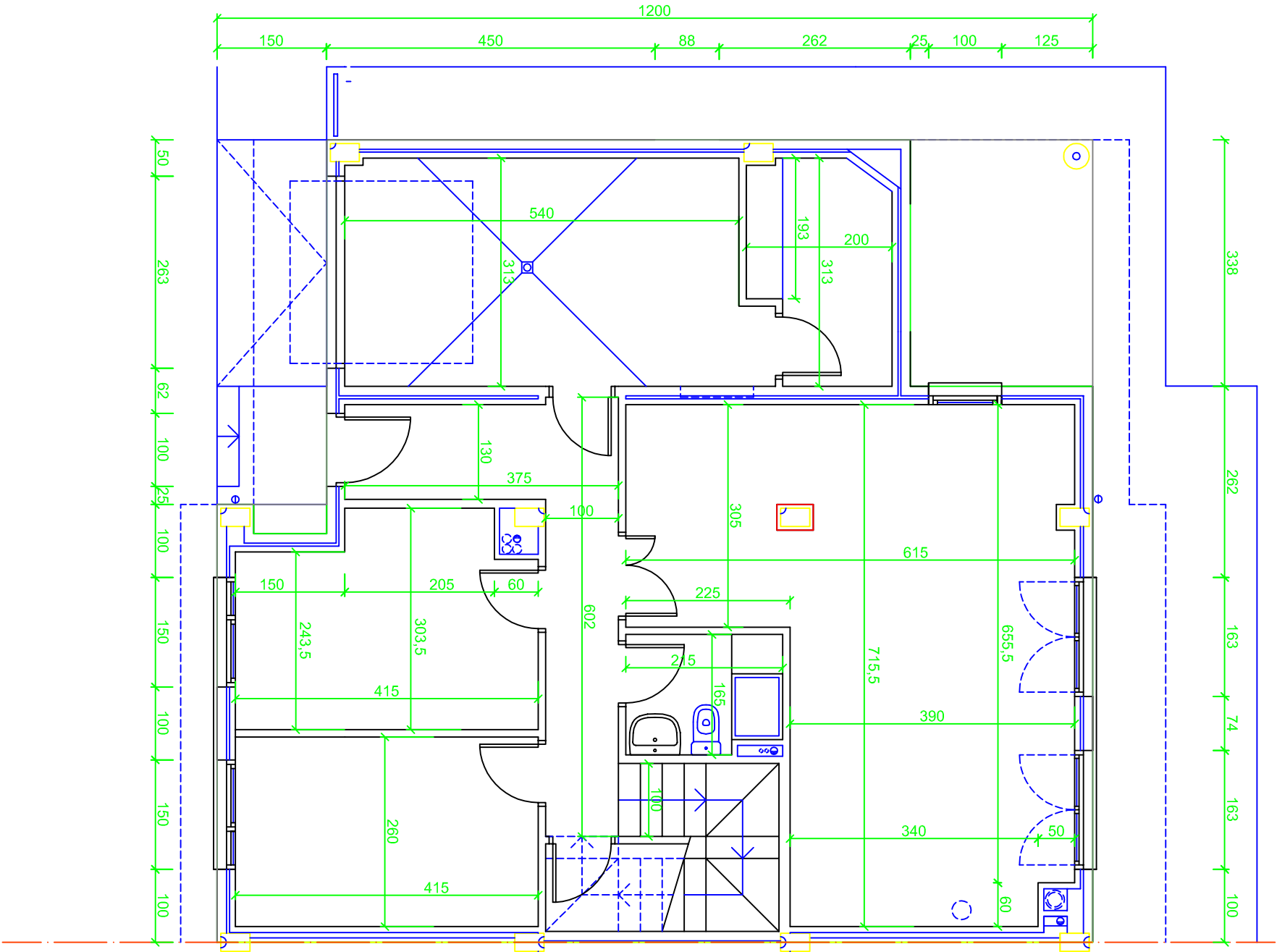



SUPERFICIE UTIL
PLANTA PRIMERA 66.82 m²

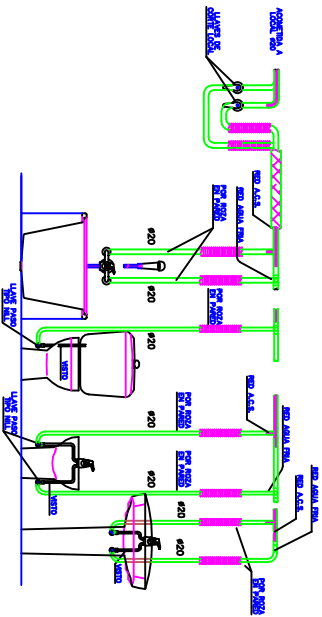
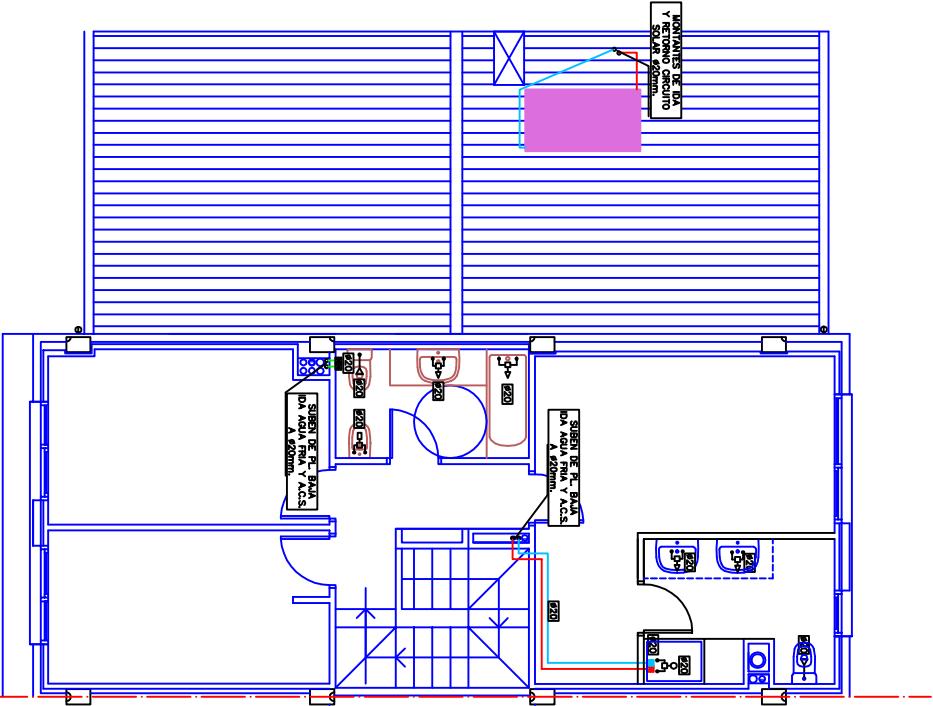
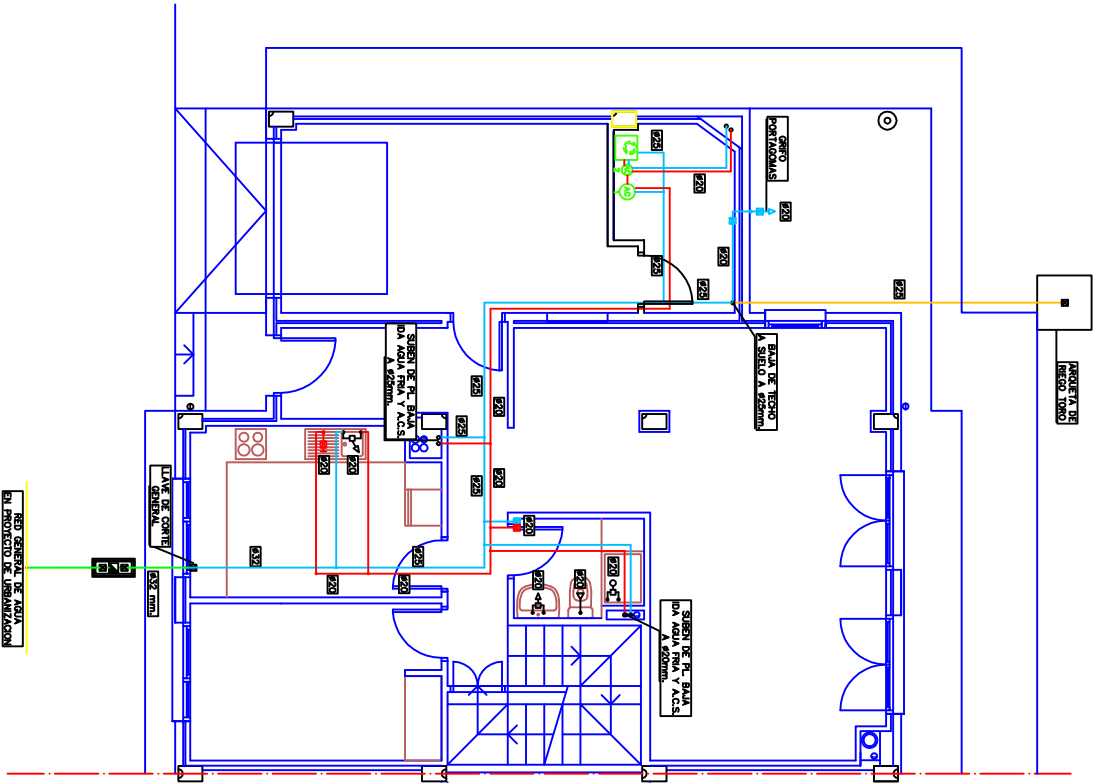
SUPERFICIE CONSTRUIDA (NORMATIVA URBANISTICA)
PLANTA PRIMERA 81.00 m²

SUPERFICIE CONSTRUIDA (HABITABILIDAD)
PLANTA PRIMERA 81.00 m²

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.			
PROYECTO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE ACS Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE CON PLACAS SOLARES TÉRMICAS	REALIZADO: GÁRATE BIENZOBAS, AITOR			
PLANO: PLANTAS AMUEBLADAS Y SUPERFICIES	FIRMA:			
	FECHA: ABRIL 2.013	ESCALA: 1/75	Nº PLANO: 4	




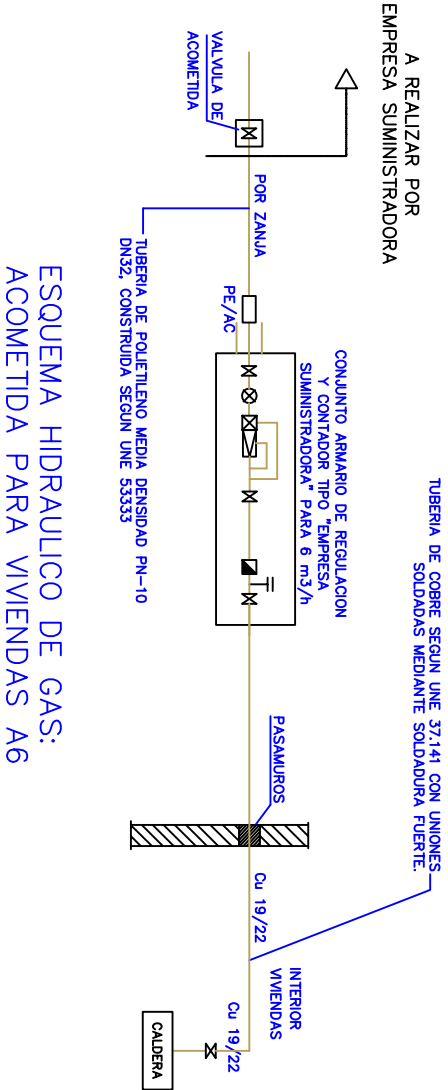
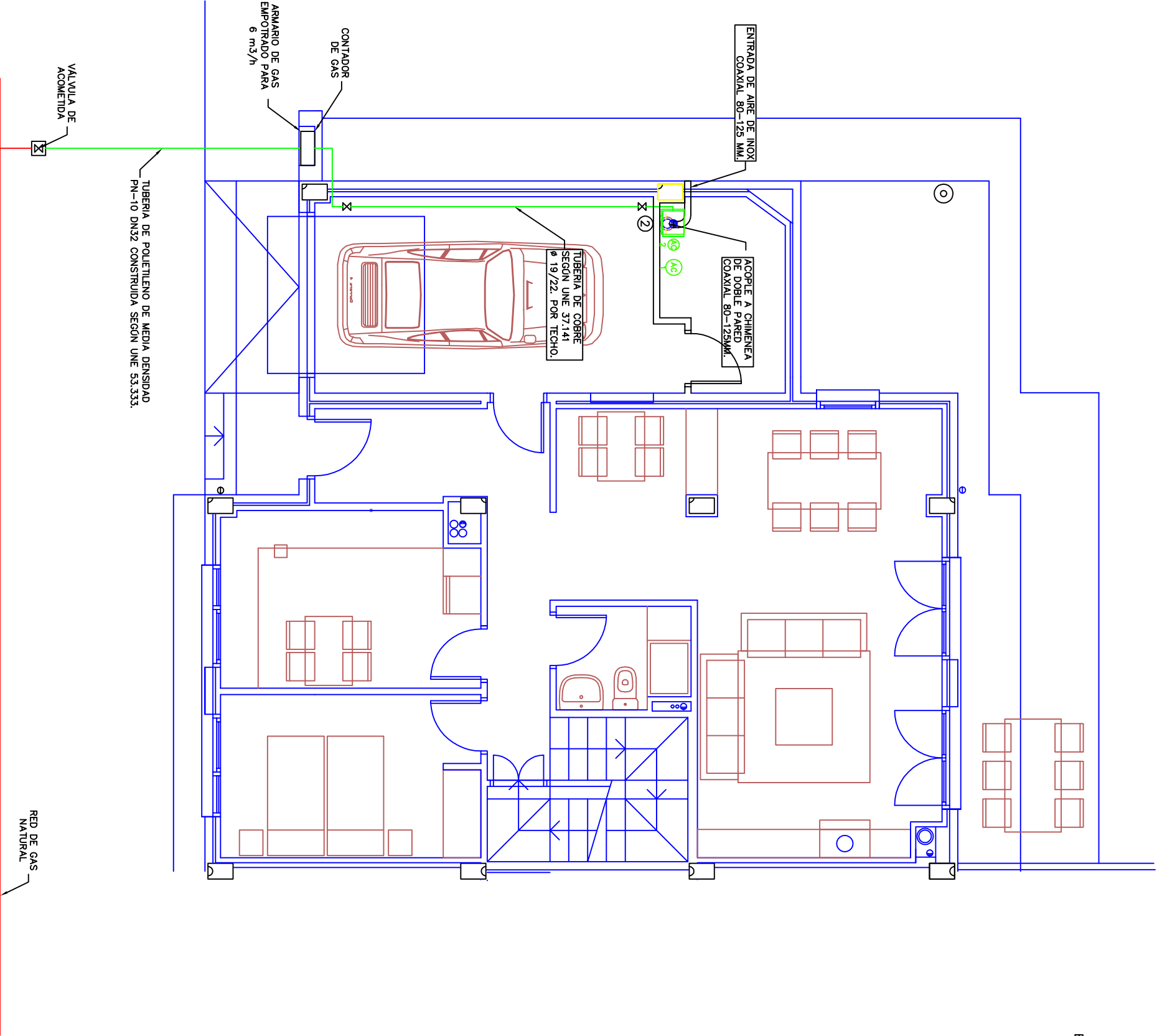
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES	
	PROYECTO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE ACS Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE CON PLACAS SOLARES TÉRMICAS		REALIZADO: GÁRATE BIENZOBAS, AITOR		FIRMA:	
PLANO:		PLANTAS ACOTADAS		FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
				ABRIL 2.013	1/75	5



BAÑOS-ASEOS
DETALLE ACOMETIDAS A
APARATOS SANITARIOS

- LEYENDA**
- Conjunto formado por contador antihielo y dos válvulas de esfera de P.V.C. en caja empotrada en pavimento.
 - Grifo para portagomas.
 - Tomas para grifo de fregadero.
 - Grifo monomando para lavabo.
 - Grifo monomando para bidé.
 - Grifo monomando para bañera.
 - Grifo monomando para ducha.
 - Toma para inodoro.
 - Toma para grifo electrodoméstico.
 - Válvula de esfera.
 - Válvula empotrada para locales húmedos.
 - Montantes de agua fría, a base de tubería de cobre. Se instalan soportes con distanciadores cada 1,5 m. como mínimo.
 - Colección solar Solihort M.
- NOTAS**
- Las redes generales discurrierán preferentemente por el PLANO (TECHO) y deberán ser convenientemente canalizadas.
 - En la instalación empotrada se utilizarán tuberías de tubo corrugado.

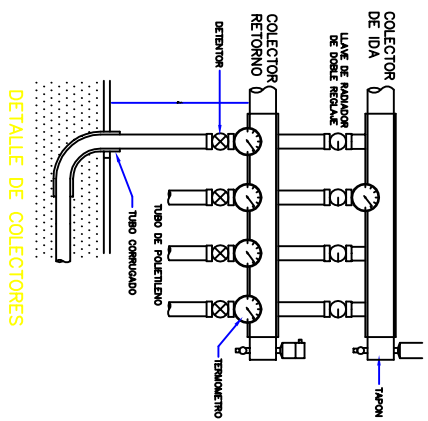
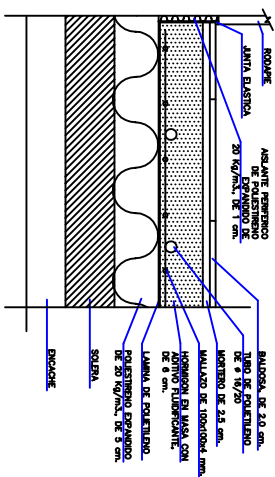
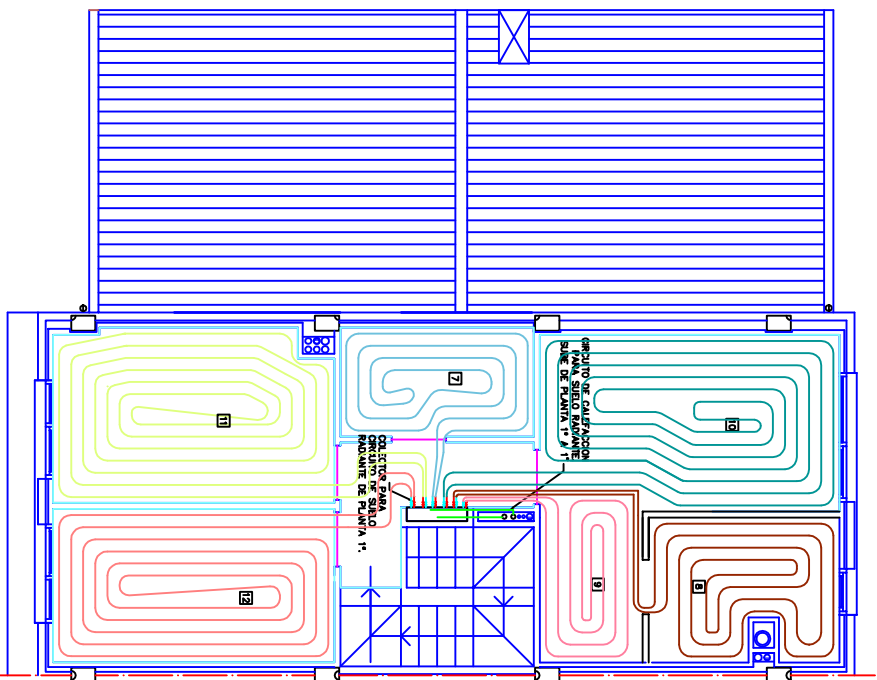
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES
	PROYECTO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN Y ACS POR SUELO RADIANTE CON PLACAS SOLARES TÉRMICAS	
PLANO: ACOMETIDA DE AGUA E INSTALACION DE ACS		REALIZADO: GARATE BIENZOBAS, AITOR
FIRMA:		FECHA: ABRIL 2.013
		ESCALA: 1/125
		Nº PLANO: 6




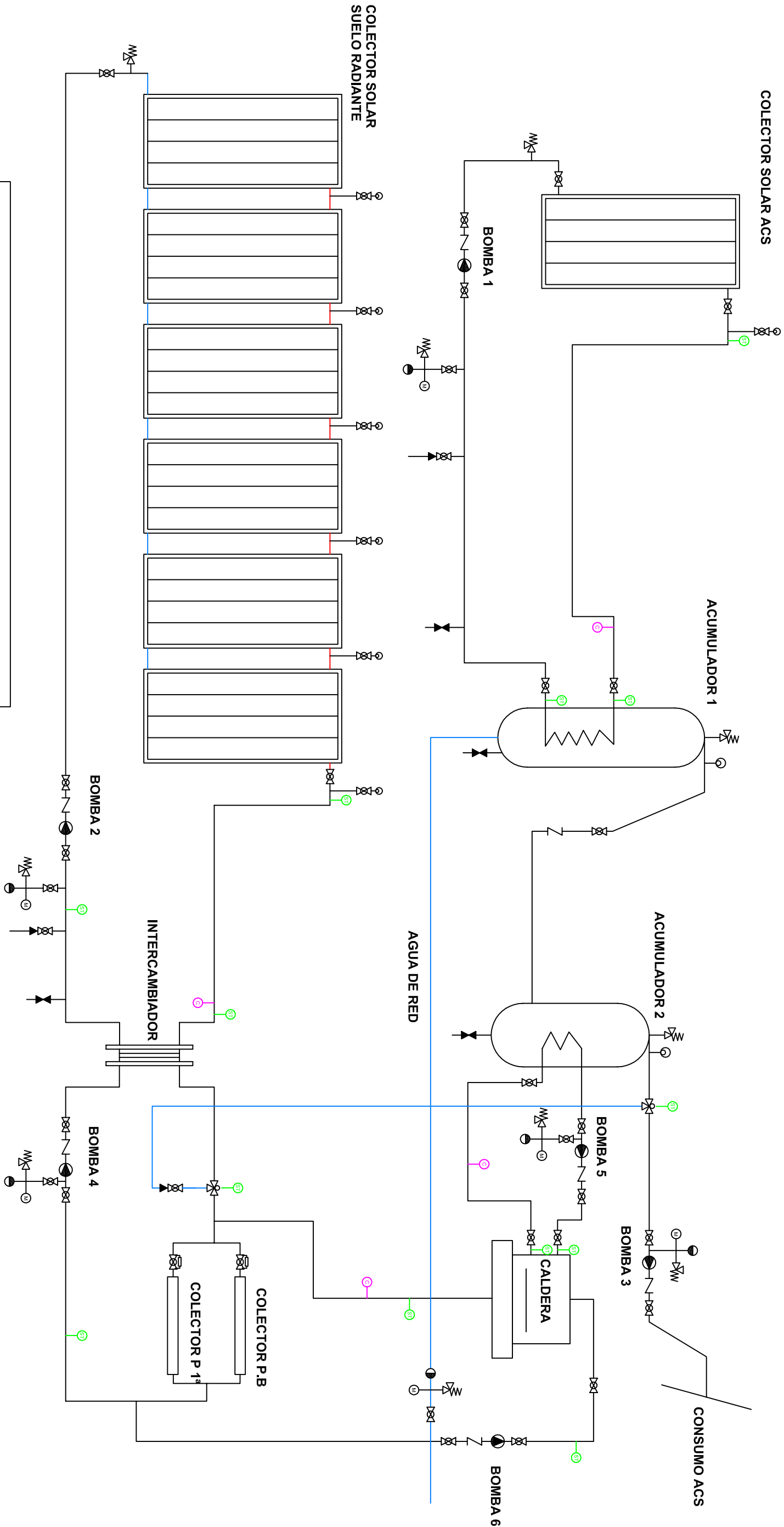
ESQUEMA HIDRAULICO DE GAS:
ACOMETIDA PARA VIVIENDAS A6

- ② Caldera de gas mixta para calefacción y producción de A.C.S.
- M Llave de corte.
- Tubería de cobre rígido según UNE 37.141 con uniones soldadas mediante soldadura dura de 500°C en adelante con pletex y fundido con autógeno.
- PE/AC Transición de Polietileno–Acero.
- Reductora de presión con seguridad de mínima.
- M Llave de corte
- Contador de gas
- Toma de débil calibre


	Universidad Pública de Navarra	E.T.S.I.I.T.			DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		
	Nafarroako Unibertsitate Publikoa	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.			REALIZADO: GÁRATE BIENZOBAS, AITOR		
PROYECTO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE ACS Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE CON PLACAS SOLARES TÉRMICAS		FIRMA:		FECHA: ABRIL 2.013		ESCALA: Nº PLANO: 7	
PLANO: ACOMETIDA DE GAS							

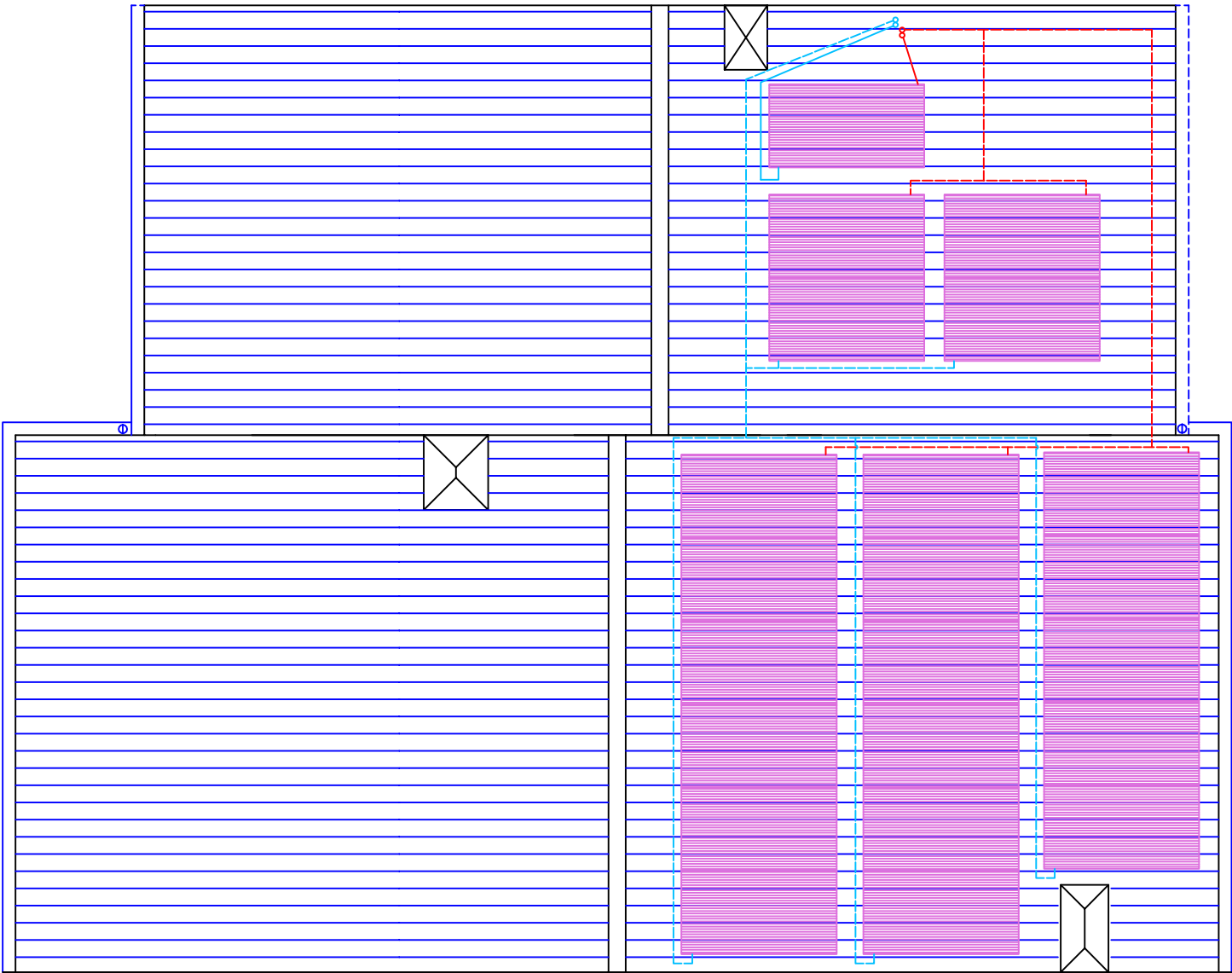


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	
	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES	
PROYECTO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN Y ACS POR SUELO RADIANTE CON PLACAS SOLARES TÉRMICAS		
REALIZADO: GÁRATE BIENZOBAS, AITOR		
FIRMA:		
PLANO: INSTALACION DE CALEFACCION	FECHA: ABRIL 2.013	ESCALA: Nº PLANO 1/125 8



LEYENDA	
	PURGADOR
	VÁLVULA ANTIRETORNO
	VÁLVULA DE VACIADO
	VÁLVULA DE SEGURIDAD
	BOMBA DE IMPULSIÓN
	VÁLVULA DE ESFERA
	VASO DE EXPANSIÓN CERRADO
	MANÓMETRO
	SONDA DE TEMPERATURA
	VÁLVULA DE TRES VÍAS
	VÁLVULA REGULADORA
	CAUDALÍMETRO

	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T. INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		
	PROYECTO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE ACS Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE CON PLACAS SOLARES TÉRMICAS					REALIZADO: GÁRATE BIENZOBAS, AITOR	
PLANO: ESQUEMA INSTALACIONES			FIRMA:		FECHA: ABRIL 2.013	ESCALA: 1/75	Nº PLANO: 9



- CIRCUITO AGUA CALIENTE ACS Ø20 MM.
- CIRCUITO AGUA FRÍA ACS Ø20 MM.
- CIRCUITO AGUA CALIENTE CALEFACCIÓN Ø20 MM.
- CIRCUITO AGUA FRÍA CALEFACCIÓN Ø20 MM.
- COLECTOR SOLAR SOLAHART M.

<div><div></div><div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div>		<div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</div></div>		<div><div>DEPARTAMENTO:</div><div>DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES</div></div>		
<div><div>PROYECTO:</div><div>DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE ACS Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE CON PLACAS SOLARES TÉRMICAS</div></div>		<div><div>REALIZADO:</div><div>GÁRATE BIENZOBAS, AITOR</div></div>		<div><div>FIRMA:</div></div>		
<div><div>PLANO:</div><div>ESQUEMA COLECTORES CUBIERTA</div></div>		<div><div>FECHA:</div><div>ABRIL 2.013</div></div>	<div><div>ESCALA:</div><div>1/75</div></div>	<div><div>Nº PLANO:</div><div>10</div></div>		



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE ACS Y
CALEFACCION POR SUELO RADIANTE CON PLACAS
SOLARES TÉRMICAS”

DOCUMENTO N°4: PLIEGO DE CONDICIONES

Aitor Gárate Bienzobas

Rafael Araujo

Pamplona, 25 de Abril de 2013

ÍNDICE

1. DISPOSICIONES GENERALES	5
1.1.- NATURALEZA Y OBJETO DEL PLIEGO GENERAL	5
1.2.- DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA	5
2. CONDICIONES FACULTATIVAS	6
2.1.- DELIMITACIÓN GENERAL DE FUNCIONES TÉCNICAS	6
1.1.1 EL INGENIERO DIRECTOR :	6
1.1.2 EL CONSTRUCTOR :	6
2.2.- OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES DEL CONSTRUCTOR O CONTRATISTA	7
2.2.1. VERIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO	7
2.2.2 PLAN DE SEGURIDAD E HIGIENE	7
2.2.3. OFICINA EN LA OBRA	8
2.2.4. REPRESENTACIÓN DEL CONTRATISTA	8
2.2.5. PRESENCIA DEL CONSTRUCTOR EN LA OBRA	9
2.2.6. TRABAJOS NO ESTIPULADOS EXPRESAMENTE	9
2.2.7. INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO	9
2.2.8. RECLAMACIONES CONTRA LAS ÓRDENES DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA	10
2.2.9. RECUSACIÓN POR EL CONTRATISTA DEL PERSONAL NOMBRADO POR EL INGENIERO	10
2.2.10. FALTAS DEL PERSONAL	10
2.3.- PRESCRIPCIONES GENERALES RELATIVAS A LOS TRABAJOS, A LOS MATERIALES Y A LOS MEDIOS AUXILIARES	11
2.3.1. COMIENZO DE LA OBRA. RITMO DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS	11
2.3.2. ORDEN DE LOS TRABAJOS	11
2.3.3. FACILIDADES PARA OTROS CONTRATISTAS	11
2.3.4. AMPLIACIÓN DEL PROYECTO POR CAUSAS IMPREVISTAS O DE FUERZA MAYOR	12
2.3.5. PRÓRROGA POR CAUSAS DE FUERZA MAYOR	12
2.3.6. RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA EN EL RETRASO DE LA INSTALACIÓN	12
2.3.7. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS	13
2.3.8. OBRAS OCULTAS	13
2.3.9. TRABAJOS DEFECTUOSOS	13
2.3.10. VICIOS OCULTOS	14
2.3.11. MATERIALES Y APARATOS. PROCEDENCIA	14
2.3.12. MATERIALES Y APARATOS DEFECTUOSOS	14
2.3.13. GASTOS OCASIONADOS POR PRUEBAS Y ENSAYOS	15
2.4.- RECEPCIÓN DE LA OBRA	15
2.4.1. RECEPCIONES PROVISIONALES	15
2.4.2. DOCUMENTACIÓN FINAL DE LA OBRA	16
2.4.3. MEDICIÓN DEFINITIVA DE LOS TRABAJOS Y LIQUIDACIÓN PROVISIONAL DE LA OBRA	16

2.4.4. PLAZO DE GARANTÍA.....	16
2.4.5. CONSERVACIÓN DE LA OBRA RECIBIDA PROVISIONALMENTE.....	16
2.4.6. RECEPCIÓN DEFINITIVA	17
2.4.7. PRÓRROGA DEL PLAZO DE GARANTÍA.....	17
3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS DE ENERGÍA SOLAR.....	18
3.1.- REQUISITOS GENERALES.....	18
3.1.1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	18
3.1.2. GENERALIDADES	18
3.1.3. REQUISITOS GENERALES.....	20
4. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO	25
4.1.- DIMENSIONADO Y CÁLCULO	25
4.1.1. DATOS DE PARTIDA.....	25
Condiciones de uso.....	25
Condiciones climáticas	25
4.1.2. DIMENSIONADO BÁSICO	25
4.2.- DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN	28
4.2.1. GENERALIDADES	28
4.2.2 ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN, SOMBRAS E INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA	28
4.2.3. CONEXIONADO	29
4.2.4. ESTRUCTURA SOPORTE	30
4.3.- DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN SOLAR	30
4.3.1. GENERALIDADES	31
4.3.2. SITUACIÓN DE LAS CONEXIONES.....	32
4.3.3. SISTEMA AUXILIAR EN EL ACUMULADOR SOLAR.....	32
4.4.- DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERCAMBIO	33
Criterios de diseño para el intercambiador de calor para prevenir la legionela	33
4.5.- DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO	33
4.5.1. GENERALIDADES	34
4.5.2. TUBERIAS	34
4.5.3 BOMBAS.....	34
4.5.4. VASOS DE EXPANSIÓN	34
4.5.5. PURGA DE AIRE	35
4.6.- DISEÑO DEL SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR.....	35
4.7.- DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL.....	36
4.8.- DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN.....	37
5. COMPONENTES	39
5.1.- GENERALIDADES.....	39
5.2.- CAPTADORES SOLARES	39
5.3.- ACUMULADOR.....	40
5.4.- INTERCAMBIADOR DE CALOR.....	41
5.5.- BOMBAS DE CIRCULACIÓN.....	42
5.6.- TUBERÍAS.....	43
5.7.- VÁLVULAS	43
5.8.- VASO DE EXPANSIÓN.....	44
5.9.- AISLAMIENTO.....	45
5.10.- PURGA DE AIRE.....	46
5.11.- SISTEMA DE LLENADO	46
5.12.- SISTEMA DE CONTROL	47

5.13.- SISTEMA DE MONITORIZACIÓN	47
5.14.- EQUIPOS DE MEDIDA	49
6. CONDICIONES DE MONTAJE	52
6.1.- GENERALIDADES.....	52
6.2.- MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE Y CAPTADORES	53
6.3.- MONTAJE DE ACUMULADOR	53
6.4.- MONTAJE DEL INTERCAMBIADOR	54
6.5.- MONTAJE DE LAS BOMBAS.....	54
6.6.- MONTAJE DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS.....	54
6.7.- MONTAJE DEL AISLAMIENTO	56
6.8.- MONTAJE DE CONTADORES	56
7. PROGRAMA DE VIGILANCIA Y MANTENIMIENTO.....	57
7.1.- GENERALIDADES.....	57
7.2.- VIGILANCIA.....	57
7.3.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	57
7.4.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO	58

1. DISPOSICIONES GENERALES

1.1.- NATURALEZA Y OBJETO DEL PLIEGO GENERAL

El presente pliego general de condiciones tiene carácter supletorio del pliego de condiciones particulares del proyecto.

Ambos, como parte del proyecto, tienen por finalidad regular la ejecución de las obras fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al promotor o dueño de la obra, al contratista o constructor de la misma, sus técnicos y encargados, al ingeniero técnico, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

1.2.- DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA

Integran el contrato los siguientes documentos relacionados por orden de prelación en cuanto al valor de sus especificaciones en caso de omisión o aparente contradicción :

1. Las condiciones fijadas en el propio documento de contrato de empresa o arrendamiento de obra, si existiere.
2. El pliego de condiciones particulares.
3. El presente pliego de condiciones.
4. El resto de la documentación de proyecto (memoria, planos, mediciones y presupuesto).

Las órdenes e instrucciones de la Dirección facultativa de las obras se incorporan al proyecto como interpretación, complemento o precisión de sus determinaciones.

En cada documento, las especificaciones literales prevalecen sobre las graficas y en los planos, la cota prevalece sobre la medida a escala.

2. CONDICIONES FACULTATIVAS

2.1.- DELIMITACIÓN GENERAL DE FUNCIONES TÉCNICAS

1.1.1 EL INGENIERO DIRECTOR :

Corresponde al ingeniero director :

- a) Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.
- b) Asistir a la obra, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las instrucciones complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución.
- c) Coordinar la intervención de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos parciales de su especialidad.
- d) Aprobar las certificaciones parciales de obra, la liquidación total y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
- e) Preparar la documentación final de la obra y expedir y suscribir en unión del ingeniero técnico, el certificado final de la misma.

1.1.2 EL CONSTRUCTOR :

Corresponde al constructor :

- a) Organizar los trabajos de instalación, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- b) Elaborar, cuando se requiera, el plan de seguridad e higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.

- c) Suscribir con el ingeniero técnico, el acta de replanteo de la obra.
- d) Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- e) Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del ingeniero técnico, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- f) Custodiar el libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.
- g) Facilitar al ingeniero técnico, con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- h) Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- i) Suscribir con el promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- j) Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

2.2.- OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES DEL CONSTRUCTOR O CONTRATISTA

2.2.1. VERIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO

Antes de dar comienzo a las obras, el constructor consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada, o en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes. En caso de no efectuar la citada consignación, se sobreentenderá realizada una vez comenzada la obra.

2.2.2 PLAN DE SEGURIDAD E HIGIENE

El constructor, a la vista del proyecto de ejecución y el estudio de seguridad y salud, presentará el plan de seguridad y salud de la obra a la aprobación del coordinador en materia de seguridad y salud de la dirección facultativa.

2.2.3. OFICINA EN LA OBRA

El constructor habilitará en la obra una oficina en la que debe existir una mesa o tablero adecuado, en el que puedan extenderse y consultarse planos. En dicha oficina tendrá el contratista a disposición de la dirección facultativa:

- El proyecto de ejecución completo, incluidos los complementos que en su caso redacte el ingeniero técnico.
- La licencia de obra.
- El libro de órdenes y asistencias.
- El plan de seguridad e higiene.
- El libro de incidencias.
- El reglamento y ordenanza de seguridad e higiene en el trabajo.
- La documentación de los seguros.

Dispondrá además el constructor una oficina para la dirección facultativa, convenientemente acondicionada para que en ella se pueda trabajar con normalidad a cualquier hora de la jornada.

2.2.4. REPRESENTACIÓN DEL CONTRATISTA

El constructor viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá el carácter de jefe de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones competan a la contrata.

Cuando la importancia de las obras lo requiera y así se consigne en el pliego de “condiciones particulares de índole facultativa”, el delegado del contratista será un facultativo de grado superior o grado medio, según los casos.

El pliego de condiciones particulares determinará el personal facultativo o especialista que el constructor se obligue a mantener en la obra como mínimo, y el tiempo de dedicación comprometido.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al ingeniero para ordenar la paralización de las obras, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

2.2.5. PRESENCIA DEL CONSTRUCTOR EN LA OBRA

El jefe de obra, por sí o por medio de sus técnicos, o encargados estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al ingeniero técnico, en las visitas que hagan a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándoles los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

2.2.6. TRABAJOS NO ESTIPULADOS EXPRESAMENTE

Es obligación de la contrata el ejecutar cuando sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el ingeniero técnico dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

En defecto de especificación en el pliego de condiciones particulares, se entenderá que requiere reformado de proyecto con consentimiento expreso de la propiedad, toda variación que suponga incremento de precios en alguna unidad de obra en más del 5 por 100 o del total del presupuesto en más de un 3 por 100.

2.2.7. INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los pliegos de condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al constructor, estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su

firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba del ingeniero técnico.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el constructor, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de tres días, a quien la hubiere dictado, el cual dará al constructor el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

El constructor podrá requerir del ingeniero técnico, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

2.2.8. RECLAMACIONES CONTRA LAS ÓRDENES DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA

Las reclamaciones que el contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones demandadas de la dirección facultativa, solo podrá presentarlas, a través del ingeniero, ante la propiedad, si son de origen económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los pliegos de condiciones correspondientes. Contra disposiciones de orden técnico del ingeniero técnico, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigido al ingeniero técnico, el cual podrá limpiar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

2.2.9. RECUSACIÓN POR EL CONTRATISTA DEL PERSONAL NOMBRADO POR EL INGENIERO

El constructor no podrá recusar al ingeniero técnico, o personal encargado por éstos de la vigilancia de las obras, ni pedir que por parte de la propiedad se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones.

Cuando se crea perjudicado por la labor de éstos, procederá de acuerdo con lo estipulado en el artículo precedente, pero sin que por esta causa puedan interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.

2.2.10. FALTAS DEL PERSONAL

El ingeniero técnico, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al contratista para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

El contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso, a lo estipulado en el pliego de condiciones particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como contratista general de la obra.

2.3.- PRESCRIPCIONES GENERALES RELATIVAS A LOS TRABAJOS, A LOS MATERIALES Y A LOS MEDIOS AUXILIARES

2.3.1. COMIENZO DE LA OBRA. RITMO DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

El constructor dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el pliego de condiciones particulares, desarrollándose en la forma necesaria para que dentro de los periodos parciales en aquel señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el contrato.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el contratista dar cuenta al ingeniero técnico del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.

2.3.2. ORDEN DE LOS TRABAJOS

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la dirección facultativa.

2.3.3. FACILIDADES PARA OTROS CONTRATISTAS

De acuerdo con lo que requiera la dirección facultativa, el contratista general deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que

le sean encomendados a todos los demás contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, ambos contratistas estarán a lo que resuelva la dirección facultativa.

2.3.4. AMPLIACIÓN DEL PROYECTO POR CAUSAS IMPREVISTAS O DE FUERZA MAYOR

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el ingeniero técnico o en tanto se formula o se tramita el proyecto reformado.

El constructor está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la dirección de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

2.3.5. PRÓRROGA POR CAUSAS DE FUERZA MAYOR

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del constructor, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del ingeniero técnico. Para ello, el constructor expondrá, en escrito dirigido al ingeniero, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

2.3.6. RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA EN EL RETRASO DE LA INSTALACIÓN

El contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos d obra estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la dirección facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

2.3.7. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

Todos los trabajos se ejecutaran con estricta sujeción al proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo responsabilidad y por escrito entreguen el ingeniero técnico al constructor, dentro de las limitaciones presupuestarias y de conformidad con lo especificado en el artículo 11.

2.3.8. OBRAS OCULTAS

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se entregarán : uno, al ingeniero técnico y, otro, al contratista, firmados todos ellos. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

2.3.9. TRABAJOS DEFECTUOSOS

El constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las “condiciones generales y particulares de índole técnica” del pliego de condiciones y realizar todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exonere de responsabilidad el control que compete al ingeniero técnico, ni tampoco el hecho

de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el ingeniero técnico advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el ingeniero de la obra, quien resolverá.

2.3.10. VICIOS OCULTOS

Si el ingeniero técnico tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocerlos trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al ingeniero técnico.

Los gastos que se ocasionen serán de cuenta del constructor, siempre que los vicios existan realmente, en caso contrario serán a cargo de la propiedad.

2.3.11. MATERIALES Y APARATOS. PROCEDENCIA

El constructor tienen libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el pliego particular de condiciones técnicas o el presupuesto detallado preceptúen una procedencia determinada.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo o acopio, el constructor deberá presentar al ingeniero técnico una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

2.3.12. MATERIALES Y APARATOS DEFECTUOSOS

Cuando los materiales, elementos de instalaciones o aparatos no fuesen de la calidad prescrita en este pliego, o no tuvieran la preparación en él exigida o, en fin, cuando la falta de prescripciones formales de aquel, se reconociera o demostrara que no eran adecuados para su objeto, el ingeniero técnico, dará orden al constructor de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o llenen el objeto a que se destinen.

Si a los quince (15) días de recibir el constructor orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, no la sido cumplida, podrá hacerlo la propiedad cargando los gastos a la contrata.

Si los materiales, elementos de instalaciones o aparatos fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del ingeniero técnico, se recibirán pero con la rebaja del precio que aquel determine, a no ser que el constructor prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

2.3.13. GASTOS OCASIONADOS POR PRUEBAS Y ENSAYOS

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras, serán de cuenta de la contrata.

Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

2.4.- RECEPCIÓN DE LA OBRA

2.4.1. RECEPCIONES PROVISIONALES

Treinta días antes de dar fin a la obra o instalación, comunicará el ingeniero técnico a la propiedad la proximidad de su terminación a fin de convenir la fecha para el acto de recepción provisional.

Esta se realizará con la intervención de la propiedad, del constructor, del ingeniero técnico. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los técnicos de la dirección facultativa extenderán el correspondiente certificado de final de obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se dará al constructor las oportunas instrucciones para remediar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el constructor no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con pérdida de la fianza.

2.4.2. DOCUMENTACIÓN FINAL DE LA OBRA

El ingeniero director facilitará a la propiedad la documentación final de las obras, con las especificaciones y contenido dispuestos por la legislación vigente.

2.4.3. MEDICIÓN DEFINITIVA DE LOS TRABAJOS Y LIQUIDACIÓN PROVISIONAL DE LA OBRA

Recibida provisionalmente la obra, se procederá inmediatamente por el ingeniero técnico a su medición definitiva, con precisa asistencia del constructor o de su representante.

2.4.4. PLAZO DE GARANTÍA

El plazo de garantía deberá estipularse en el pliego de condiciones particulares y en cualquier caso nunca deberá ser inferior a nueve meses.

2.4.5. CONSERVACIÓN DE LA OBRA RECIBIDA PROVISIONALMENTE

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo del contratista.

Si la instalación fuese utilizada antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones causadas por el uso correrán a cargo del propietario y las reparaciones por vicios de obras o por defectos en las instalaciones, serán a cargo de la contrata.

2.4.6. RECEPCIÓN DEFINITIVA

La recepción definitiva se verificará de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del constructor de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

2.4.7. PRÓRROGA DEL PLAZO DE GARANTÍA

Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el ingeniero director marcará al constructor los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con pérdida de la fianza.

3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS DE ENERGÍA SOLAR

3.1.- REQUISITOS GENERALES

3.1.1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El objeto de este documento es fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares térmicas para calentamiento de líquido, especificando los requisitos de durabilidad, fiabilidad y seguridad.

El ámbito de aplicación de este documento se extiende a todos los sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.

En determinados supuestos para los proyectos se podrán adoptar, por la propia naturaleza del mismo o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en este documento, siempre que quede suficientemente justificada su necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas en el mismo.

3.1.2. GENERALIDADES

En general, a las instalaciones recogidas bajo este documento le son de aplicación el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC), junto con la serie de normas UNE sobre solar térmica.

Este Pliego de Condiciones Técnicas (PCT) es de aplicación para instalaciones con captadores cuyo coeficiente global de pérdidas sea inferior o igual a $9 \text{ WJ}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

A efectos de requisitos mínimos, se consideran las siguiente clases de instalaciones :

- *Sistemas solares de calentamiento prefabricados* son lotes de productos con una marca registrada, que son vendidos como equipos completos y listos para instalar, con configuraciones fijas. Los sistemas

de esta categoría se consideran como un solo producto y se evalúan en un laboratorio de ensayo como un todo.

Si un sistema es modificado cambiando su configuración o cambiando uno o más de sus componentes, el sistema modificado se considera como un nuevo sistema, para el cual es necesario una nueva evaluación en el laboratorio de ensayo.

- *Sistemas solares de calentamiento a medida o por elementos* son aquellos sistemas contruidos de forma única o montados eligiéndolos de una lista de componentes. Los sistemas de esta categoría son considerados como un conjunto de componentes. Los componentes se ensayan de forma separada y los resultados de los ensayos se integran en una evaluación del sistema completo. Los sistemas solares de calentamiento a medida se subdividen en dos categorías :

- *Sistemas grandes a medida* son diseñados únicamente para una situación específica. En general son diseñados por ingenieros, fabricantes y otros expertos.

- *Sistemas pequeños a medida* son ofrecidos por una Compañía y descritos en el así llamado archivo de clasificación, en el cual se especifican todos los componentes y posibles configuraciones de los sistemas fabricados por la Compañía. Cada posible combinación de una configuración del sistema con componentes de la clasificación se considera un solo sistema a medida.

Tabla 1. División de sistemas solares de calentamiento prefabricados y a medida.

<i>Sistemas solares prefabricados(*)</i>	<i>Sistemas solares a medida</i>
Sistemas por termosifón para agua caliente sanitaria.	Sistemas de circulación forzada (o de termosifón) para agua caliente y/o calefacción y/o refrigeración y/o calentamiento de piscinas

Sistemas de circulación forzada como lote de productos con configuración fija para agua caliente sanitaria	montados usando componentes y configuraciones descritos en un archivo de documentación (principalmente sistemas pequeños)
Sistemas con captador-depósito integrados (es decir, en un mismo volumen) para agua caliente sanitaria.	Sistemas únicos en el diseño y montaje, utilizados para calentamiento de agua, calefacción y/o refrigeración y/o calentamiento de piscinas o usos industriales (principalmente sistemas grandes)

(*) también denominados “equipos domésticos” o “equipos compactos”

Considerando el coeficiente global de pérdidas de los captadores se considerarán, a efectos de permitir o limitar, dos grupos dependiendo del rango de temperatura de trabajo :

- Las instalaciones destinadas exclusivamente a producir agua caliente sanitaria, calentamiento de piscinas, precalentamiento de agua de aporte de procesos industriales, calefacción por suelo radiante o “fan-coil” u otros usos a menos de 45° C, podrán emplear captadores cuyo coeficiente global de pérdidas esté comprendido entre 9 W/(mZ-°C) y 4,5 W/(mZ-°C).
- Las instalaciones destinadas a climatización, calefacción por sistemas diferentes a suelo radiante o “fan-coil”, u otros usos en los cuales la temperatura del agua de aporte a la instalación solar y la referencia de producción se sitúen en niveles semejantes, deberán emplear captadores cuyo coeficiente global de pérdidas sea inferior a 4,5 W/(mZ-°C).

En ambos grupos el rendimiento medio anual de la instalación deberá ser mayor del 30%, calculándose de acuerdo a los especificado en el capítulo 3(“Criterios generales de diseño”).

3.1.3. REQUISITOS GENERALES

3.1.3.1. Fluido de trabajo

Como fluido de trabajo en el circuito primario se utilizará agua de la red, o agua desmineralizada, o agua con aditivos, según las características climatológicas del lugar y del agua utilizada. Los aditivos más usuales son los anticongelantes, aunque en ocasiones se puedan utilizar aditivos anticorrosivos.

La utilización de otros fluidos térmicos requerirá incluir su composición y calor específico en la documentación del sistema y la certificación favorable de un laboratorio acreditado.

En cualquier caso el pH a 20° C del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 9, y el contenido en sales se ajustará a los señalados en los puntos siguientes :

- a) La salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l totales de sales solubles. En el caso de no disponer de esta valor se tomará el de conductividad como variable limitante, no sobrepasando los 650 VtS/cm.
- b) El contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l expresados como contenido en carbonato cálcico.
- c) El límite d dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.

Fuera de estos valores, el agua deberá ser tratada.

El diseño de los circuitos evitará cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos que puedan operar en la instalación. En particular, se prestará especial atención a una eventual contaminación del agua potable por el fluido del circuito primario.

Para aplicaciones en procesos industriales, refrigeración o calefacción, las características del agua exigidas por dicho proceso no sufrirán ningún tipo de modificación que pueda afectar al mismo.

3.1.3.2. Protección contra heladas

3.1.3.2.1. Generalidades

El fabricante, suministrador final, instalador o diseñador del sistema deberá fijar la mínima temperatura permitida en el sistema. Todas las partes del sistema que

estén expuestas al exterior deberán ser capaces de soportar la temperatura específica sin daños permanentes en el sistema.

Cualquier componente que vaya a ser instalado en el interior de un recinto donde la temperatura pueda caer por debajo de los 0° C, deberá estar protegido contra heladas.

El fabricante deberá describir el método de protección anti-heladas usado por el sistema. A los efectos de este documento, como sistemas de protección anti-heladas podrán utilizarse:

1. Mezclas anticongelantes.
2. Recirculación de agua de los circuitos.
3. Drenaje automático con recuperación de fluido.
4. Drenaje al exterior (solo para sistemas solares prefabricados).

3.1.3.2.2. Mezclas anticongelantes

Se ha utilizado como solución anti-heladas el sistema de mezcla anticongelante. Como anticongelantes podrán utilizarse los productos, solos o mezclados con agua, que cumplan la reglamentación vigente y cuyo punto de congelación sea inferior a 0° C(*). En todo caso, su calor específico no será inferior a 3 Kj/(kg-K), equivalentes a 0,7 kcal/(kg-°C).

Se deberán tomar precauciones para prevenir posibles deterioros del fluido anticongelante como resultado de condiciones altas temperaturas. Estas precauciones deberán de ser comprobadas de acuerdo con UNE-EN 12976-2.

La instalación dispondrá de los sistemas necesarios para facilitar el llenado de la misma y para asegurar que el anticongelante está perfectamente mezclado.

Es conveniente que se disponga de un depósito auxiliar para reponer las pérdidas que se puedan dar del fluido en el circuito, de forma que nunca se utilice un fluido para la reposición cuyas características incumplan el pliego. Será obligatorio en los casos de riesgos de heladas y cuando el agua deba tratarse.

En cualquier caso, el sistema de llenado no permitirá las pérdidas de concentración producidas por fugas del circuito y resueltas con reposición de agua de red.

(*) El punto de congelación deberá de estar acorde con las condiciones climáticas del lugar.

3.1.3.3. Sobre calentamientos

3.1.3.3.1. Protección contra sobrecalentamientos

El sistema deberá estar diseñado de tal forma que con altas radiaciones solares prolongadas sin consumo de ACS, no se produzcan situaciones en las cuales el usuario tenga que realizar alguna acción especial para llevar al sistema a su forma normal de operación.

Cuando el sistema disponga de la posibilidad de drenajes como protección ante sobrecalentamientos, la construcción deberá realizarse de tal forma que el agua caliente no suponga ningún peligro para los habitantes y no se produzcan daños en el sistema, ni en ningún otro material en el edificio o vivienda.

3.1.3.3.2. Protección contra quemaduras

En sistemas de agua caliente sanitaria, donde la temperatura de agua caliente en los puntos de consumo pueda exceder de 60° C deberá ser instalado un sistema automático de mezcla u otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60° C, aunque en la parte solar pueda alcanzar una temperatura superior para sufragar las pérdidas. Este sistema deberá ser capaz de soportar la máxima temperatura posible de extracción del sistema solar.

3.1.3.3.3. Protección de materiales y componentes contra altas temperaturas

El sistema deberá ser diseñado de tal forma que nunca se exceda la máxima temperatura permitida por todos los materiales y componentes.

3.1.3.4. Prevención de flujo inverso

La instalación del sistema deberá asegurar que no se produzcan pérdidas energéticas relevantes debidas a flujos inversos no intencionados en ningún circuito hidráulico del sistema.

La circulación natural que produce el flujo inverso se puede favorecer cuando el acumulador se encuentra por debajo del captador, por lo que habrá que tomar, en esos casos, las precauciones oportunas para evitarlo.

En sistemas con circulación forzada se aconseja utilizar una válvula anti-retorno para evitar flujos inversos.

3.1.3.5. Prevención de la legionelosis

Se deberá cumplir el Real Decreto 909/2001, por lo que la temperatura del agua en el circuito de distribución de agua caliente no deberá ser inferior a 50° C en el punto más alejado y previo a la mezcla necesaria para la protección contra quemaduras o en la tubería de retorno al acumulador. La instalación permitirá que el agua alcance una temperatura de 70° C. En consecuencia, no se admite la presencia de componentes de acero galvanizado.

4. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

4.1.- DIMENSIONADO Y CÁLCULO

4.1.1. DATOS DE PARTIDA

Los datos de partida necesarios para el dimensionado y cálculo de la instalación están constituidos por dos grupos de parámetros que definen las condiciones de uso y climáticas.

Condiciones de uso

Las condiciones de uso vienen dadas por la demanda energética asociada a la instalación según los diferentes tipos de consumo:

- Para aplicaciones de A.C.S., la demanda energética se determina en función del consumo de agua caliente, siguiendo lo especificado en el CTE.

Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas vienen dadas por la radiación global total en el campo de captación, la temperatura ambiente diaria y la temperatura del agua de la red.

Al objeto de este PCT podrán utilizarse datos de radiación publicados por entidades de reconocido prestigio y los datos de temperatura publicados por el Instituto Nacional de Meteorología.

A falta de otros datos, se recomienda usar las tablas de radiación y temperatura ambiente por provincias publicadas por CENSOLAR.

4.1.2. DIMENSIONADO BÁSICO

A efectos de este PCT, el dimensionado básico de la instalaciones o sistemas a medida se refiere a la selección de la superficie de captadores solares y, en caso de que exista, al volumen de acumulación solar, para la aplicación a la que está destinada la instalación.

El dimensionado básico de una instalación, para cualquier aplicación, deberá realizarse de forma que en ningún mes del año la energía producida por la instalación solar supere el 110 % de la demanda de consumo y no más de tres meses seguidos al 100 %.

Con independencia del uso al que se destine la instalación, en el caso de que en algún mes del año la contribución solar real sobrepase el 110 % de la demanda energética o en más de tres meses seguidos el 100 %, se adoptarán cualquiera de las siguientes medidas :

- a) Dotar a la instalación de la posibilidad de disipar dichos excedentes (a través de equipos específicos o mediante la circulación nocturna del circuito primario);
- b) Tapado parcial del campo de captadores. En este caso el captador está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y a su vez evacua los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que seguirá atravesando el captador);
- c) Vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, debe ser repuesto por un fluido de características similares debiendo incluirse este trabajo en ese caso entre las labores del contrato de mantenimiento;
- d) Desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes.

Cuando la instalación tenga uso de residencial vivienda y no sea posible la solución d) se recomienda la solución a).

Adicionalmente, durante todo el año se vigilará la instalación con el objeto de prevenir los posibles daños ocasionados por los posibles sobrecalentamientos.

El rendimiento de la instalación se refiere sólo a la parte solar de la misma. En caso de sistemas de refrigeración por absorción se refiere a la producción de la energía solar térmica necesaria para el sistema de refrigeración.

A estos efectos, se definen los conceptos de fracción solar y rendimiento medio estacional o anual de la siguiente forma :

$$\text{Fracción solar mes "x"} = (\text{Energía solar aportada el mes "x"} / \text{Demanda energética durante el mes "x"}) \times 100$$

Fracción solar mes “y” = (Energía solar aportada el mes “y”/Demanda energética durante el mes “y”) x 100

Rendimiento medio año “y” = (Energía solar aportada el año “y”/Irradiación incidente año “y”) x 100

Irradiación incidente año “y” = Suma de las irradiaciones de los meses del año “y”

Irradiaciones incidentes en el mes “x” = irradiación en el mes “x” x superficie captadora

El concepto de *energía solar aportada el año “y”* se refiere a la energía demandada realmente satisfecha por la instalación de energía solar. Esto significa que para su calculo nunca podrá considerarse mas de un 100 % de aporte solar en un determinado mes.

Para el cálculo del dimensionado básico de instalaciones a medida podrá utilizarse cualquiera de los métodos de cálculo comerciales de uso aceptado por proyectistas, fabricantes e instaladores. El método de cálculo especificará, al menos sobre base mensual, los valores medios diarios de la demanda de energía y del aporte solar. Asimismo, el método de cálculo incluirá las prestaciones globales anuales definidas por :

- La demanda de energía térmica.
- La energía solar térmica aportada.
- La fracción solar media anual.
- El rendimiento medio anual.

Independientemente de lo especificado en los párrafos anteriores, en caso de A.C.S., se debe tener en cuenta que el sistema solar se debe diseñar y calcular en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda y el aporte, al no ser ésta simultanea con la generación.

Para esta aplicación el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición :

$$50 < V/A < 180$$

donde A será el área de los captadores, expresada en m², y V el volumen del depósito de acumulación solar, expresado en litros, cuyo valor recomendado es aproximadamente la carga de consumo diaria M: $V = M$.

Además, para instalaciones con fracciones solares bajas, se deberá considerar el uso de relaciones V/A pequeñas y para instalaciones con fracciones solares elevadas se deberá aumentar dicha relación.

4.2.- DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN

4.2.1. GENERALIDADES

El captador seleccionado deberá poseer la certificación emitida por un organismo competente en la materia o por un laboratorio de ensayos según lo regulado en el RD 891/1980 de 14 de Abril, sobre homologación de los captadores solares y en la Orden de 28 de Julio de 1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los captadores solares.

A efectos de este PCT, será necesaria la presentación de la homologación del captador por el organismo de la Administración competente en la materia y la certificación del mismo por el laboratorio acreditado, así como las curvas de rendimiento obtenidas por el citado laboratorio.

Se recomienda que los captadores que integren la instalación sean del mismo modelo, tanto por criterios energéticos como por criterios constructivos.

4.2.2 ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN, SOMBRAS E INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA

La orientación e inclinación del sistema de captación y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas respecto al óptimo, sean inferiores a los límites de la tabla 2. Se considerarán tres casos : general, superposición de captadores e integración arquitectónica según se define mas adelante. En todos los casos se han de cumplir tres condiciones : pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

Tabla 2

	Orientación e inclinación (OI)	Sombras (S)	Total (OI+S)
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Se considera la dirección Sur como orientación optima y la mejor inclinación, β , dependiendo del periodo de utilización, uno de los valores siguientes :

- Consumo constante anual : la latitud geográfica
- Consumo preferente en invierno : la latitud geográfica + 10°
- Consumo preferente en verano : la latitud geográfica -10°

Se debe evaluar la disminución de prestaciones que se origina al modificar la orientación e inclinación de la superficie de captación.

Se considera que existe integración arquitectónica cuando los captadores cumplen una doble función energética y arquitectónica y además sustituyen elementos constructivos convencionales. Se considera que existe superposición arquitectónica cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio, no aceptándose en este concepto la disposición horizontal del absorbedor. Una regla fundamental a seguir para conseguir la integración o superposición de las instalaciones solares es la de mantener, dentro de lo posible, la alineación con los ejes principales de la edificación.

4.2.3. CONEXIONADO

Los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo numero de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en serieparalelo, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de

manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc.

Dentro de cada fila los captadores se conectarán en serie o en paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante. El número de captadores conexionados en serie no será superior a tres. Se dispondrá de un sistema para asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías de captadores. En general se debe alcanzar un flujo equilibrado mediante el sistema de retorno invertido. Si esto no es posible, se puede controlar el flujo mediante mecanismos adecuados, como válvulas de equilibrado.

Se deberá prestar especial atención en la estanqueidad y durabilidad de las conexiones del captador.

4.2.4. ESTRUCTURA SOPORTE

Si el sistema posee una estructura soporte que es montada normalmente en el exterior, el fabricante deberá especificar los valores máximos de s_k (carga de nieve) y v_m (velocidad media de viento) de acuerdo con ENV 1991-2-3 y ENV 1991-2-4.

Esto deberá verificarse durante el diseño calculando los esfuerzos de la estructura de acuerdo con estas normas.

El sistema sólo podrá ser instalado en localizaciones donde los valores de s_k y v_m determinados de acuerdo con ENV 1991-2-3 y ENV 1991-2-4 sean menores que los valores máximos especificados por el fabricante.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de captadores, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.

Los puntos de sujeción del captador serán suficientes en número, teniendo el área de apoyo y posición relativa adecuada, de forma que no se produzcan flexiones en el captador superiores a las permitidas por el fabricante.

Los topes de sujeción de los captadores y la propia estructura no arrojarán sombra sobre estos últimos.

4.3.- DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN SOLAR

4.3.1. GENERALIDADES

Los acumuladores para A.C.S. y las partes de acumuladores combinados que estén en contacto con agua potable, deberán cumplir los requisitos de UNE EN 12897.

Preferentemente, los acumuladores serán de configuración vertical y se ubicarán en zonas interiores.

En caso de que el acumulador esté directamente conectado con la red de distribución de agua caliente sanitaria, deberá ubicarse un termómetro en un sitio claramente visible por el usuario. El sistema deberá ser capaz de elevar la temperatura del acumulador a 60° C y hasta 70° C con objeto de prevenir la legionelosis, tal como aparece en el RD 909/2001 de 27 de Julio.

En caso de aplicaciones para A.C.S. y sistema de energía auxiliar no incorporado en el acumulador solar, es necesario realizar un conexionado entre el sistema auxiliar y el solar, de forma que se pueda calentar este último con el auxiliar, para poder cumplir con las medidas de prevención de legionella. Se podrán proponer otros métodos de tratamiento anti-legionella.

Criterios de diseño para el depósito acumulador para prevenir la legionela.

El diseño del sistema de acumulación deberá favorecer la estratificación térmica, reduciendo al mínimo la cantidad de agua que esté a una temperatura intermedia entre la entrada y la salida del sistema. Para conseguir este objetivo es necesario que :

- Los depósitos acumuladores sean verticales (la relación altura/diámetro deberá ser elevada), con la entrada de agua por la parte inferior y la salida por la superior.
- Deberán existir elementos que permitan reducir al máximo la velocidad residual del agua de entrada al depósito.
- En caso de la existencia de más de un depósito acumulador, estos estarán dispuestos en serie sobre el circuito del agua.

- La temperatura de almacenamiento del agua en el depósito acumulador ha de ser como mínimo de 55° C. Es preciso que el sistema sea capaz de llegar periódicamente a una temperatura de 70° C. La temperatura no ha de ser inferior a 50° C en el punto mas alejado del circuito o en la tubería de retorno.
- Las superficies interiores han de ser resistentes a la agresividad del agua a 70° C y al cloro. Se recomienda su construcción con acero inoxidable y algunos revestimientos protegidos para el acero común.

Los acumuladores de los sistemas grandes a medida con un volumen mayor de 20 m³ deberán llevar válvulas de corte u otros sistemas adecuados para cortar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema.

4.3.2. SITUACIÓN DE LAS CONEXIONES

Con objeto de aprovechar al máximo la energía captada y evitar la pérdida de la estratificación por temperatura en los depósitos, la situación de las tomas para las diferentes conexiones serán las establecidas en los puntos siguientes :

- a) La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 59 % y el 75 % de la altura total del mismo.
- b) La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.
- c) En caso de una sola aplicación, la alimentación de agua de retorno de consumo al depósito se realizará por la parte inferior. En caso de sistemas abiertos en el consumo, como por ejemplo A.C.S., esto se refiere al agua fría de red. La extracción de agua caliente del depósito se realizará por la parte superior.

Las conexiones de entrada y salida se situarán de forma que se eviten caminos preferentes de circulación del fluido.

4.3.3. SISTEMA AUXILIAR EN EL ACUMULADOR SOLAR

No se permite la conexión de un sistema auxiliar en el acumulador solar, ya que esto puede suponer una disminución de las posibilidades de la instalación solar para proporcionar las prestaciones energéticas que se pretenden obtener con este tipo de instalaciones.

En cualquier caso, queda a criterio de IDAE el dar por válido el sistema propuesto.

4.4.- DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERCAMBIO

La potencia mínima de diseño del intercambiador independiente P, en W, en función del área de captadores A, en m², cumplirá la condición :

$$P > 500A$$

El intercambiador independiente será de placas de acero inoxidable o cobre y deberá soportar las temperaturas y presiones máximas de trabajo de la instalación.

En caso de aplicación para A.C.S. se puede utilizar el circuito de consumo con un intercambiador, teniendo en cuenta que con el sistema de energía auxiliar de producción instantánea en línea o en acumulador secundario hay que elevar la temperatura hasta 60° C y siempre en el punto más alejado del consumo hay que asegurar 50° C.

Criterios de diseño para el intercambiador de calor para prevenir la legionela

Los intercambiadores de calor son los elementos más susceptibles de padecer procesos de corrosión e incrustación y se recomienda que sean de acero inoxidable o de cobre.

A efectos del mantenimiento, los intercambiadores de calor más recomendados son los de placas. Por ello en la fase de diseño se recomienda que exista un circuito de retorno del agua, disponiendo de una bomba de recirculación con válvula de retención.

4.5.- DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

4.5.1. GENERALIDADES

Debe concebirse en fase de diseño un circuito hidráulico de por sí equilibrado. Si no fuera posible, el flujo debe ser controlado por válvulas de equilibrado.

En caso de aplicación para A.C.S, el circuito hidráulico del sistema de consumo deberá cumplir los requisitos especificados en UNE-EN 806-1.

4.5.2. TUBERIAS

Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible, evitando al máximo los codos y pérdidas de carga en general.

El diseño y los materiales deberán ser tales que no exista posibilidad de formación de obturaciones o depósitos de cal en sus circuitos que influyan drásticamente en el rendimiento del sistema.

4.5.3 BOMBAS

Si el circuito de captadores está dotado con una bomba de circulación, la caída de presión se debería mantener aceptablemente baja en todo el circuito.

Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzcan ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.

Ya que la instalación no tiene una superficie de captación superior a 50m², no se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se establecería el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

Las tuberías conectadas a las bombas se soportarán en las inmediaciones de éstas, de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos de torsión o flexión. El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

4.5.4. VASOS DE EXPANSIÓN

Los vasos de expansión preferentemente se conectarán en la aspiración de la bomba.

4.5.5. PURGA DE AIRE

En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín será superior a 100 cm³. Este volumen podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador un desaireador con purgador automático.

4.6.- DISEÑO DEL SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía auxiliar.

Por razones de eficiencia energética, entre otras, se desaconseja la utilización de energía eléctrica efecto Joule como fuente auxiliar, especialmente en los casos de altos consumos y fracciones solares anuales bajas.

Queda prohibido el uso de sistemas de energía auxiliar en el circuito primario de captadores.

El diseño del sistema de energía auxiliar se realizará en función de la aplicación (o aplicaciones) de la instalación, de forma que sólo entre en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación solar. Para ello se seguirán los siguientes criterios :

1. Para pequeñas cargas de consumo se recomienda usar un sistema de energía auxiliar en línea, siendo para estos casos los sistemas de gas modulantes en temperatura los mas idóneos.
2. No se recomienda la conexión de un retorno desde el acumulador de energía auxiliar al acumulador solar, salvo que existan periodos de bajo consumo estacionales, en los que se prevea elevadas temperaturas en el

acumulador solar. La instalación térmica deberá efectuarse de manera que en ningún caso se introduzca en el acumulador solar energía procedente de la fuente auxiliar.

3. Para la preparación de agua caliente sanitaria, se permitirá la conexión del sistema de energía auxiliar en paralelo con la instalación solar cuando se cumplan los siguientes requisitos :

- Exista previamente un sistema de energía auxiliar constituido por uno o varios calentadores instantáneos no modulantes y sin que sea posible regular la temperatura de salida del agua.
- Exista una preinstalación solar que impida o dificulte el conexionado en serie.

Para A.C.S., el sistema de aporte de energía auxiliar con acumulación o en línea siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento permitirá cumplir con el RD 909/2001. este punto no será de aplicación en los calentadores instantáneos de gas no modulantes.

4.7.- DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

El diseño del sistema de control asegurará el correcto funcionamiento de las instalaciones, procurando obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando un uso adecuado de la energía auxiliar. El sistema de regulación y control comprende los siguientes sistemas :

- Control de funcionamiento del circuito primario y secundario (si existe).
- Sistemas de protección y seguridad de las instalaciones contra sobrecalentamientos, heladas, etc.

El sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos.

Con independencia de que realice otras funciones, el sistema de control se realizará por control diferencial de temperaturas, mediante dispositivo electrónico (módulo de control diferencial) que compare la temperatura de captadores con la temperatura de acumulación o retorno, como por ejemplo ocurre en la acumulación distribuida. El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2° C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7° C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor de 2° C. De esta forma el funcionamiento de la parte solar de una instalación se optimiza. Para optimizar el aprovechamiento solar de la instalación y, cuando exista intercambiador exterior, se podrán instalar también dos controles diferenciales.

El sistema de control asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de congelación del fluido.

Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores, de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación.

Cuando exista, el sensor de temperatura de la acumulación se colocará preferentemente en la parte inferior, en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador si éste fuera incorporado.

4.8.- DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

Para el caso de instalaciones mayores de 20 m² se deberá disponer al menos de un sistema analógico de medida local que indique como mínimo las siguientes variables :

Opción 1:

- Temperatura de entrada de agua fría de red
- Temperatura de salida del acumulador solar
- Caudal de agua fría de red

Opción 2 :

- Temperatura inferior del acumulador solar
- Temperatura de captadores
- Caudal por el circuito primario

El tratamiento de los datos proporcionará al menos la energía solar térmica acumulada a lo largo del tiempo.

5. COMPONENTES

5.1.- GENERALIDADES

Los materiales de la instalación deben soportar las máximas temperaturas y presiones que puedan alcanzarse.

Cuando sea imprescindible utilizar en el mismo circuito materiales diferentes, especialmente cobre y acero, en ningún caso estarán en contacto, debiendo situar entre ambos juntas o manguitos dieléctricos.

En todos los casos es aconsejable prever la protección catódica del acero.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Se debe tener particular precaución en la protección de equipos y materiales que pueden estar expuestos a agentes exteriores especialmente agresivos producidos por procesos industriales cercanos.

5.2.- CAPTADORES SOLARES

Si se utilizan captadores convencionales de absorbedor metálico, ha de tenerse en cuenta que el cobre solamente es admisible si el pH del fluido en contacto con él está **comprendido entre 7,2 y 7,6**. Absorbedores de hierro no son aptos en absoluto.

La pérdida de carga del captador para un caudal de 1 l/min por m² será inferior a 1 m.c.a.

El captador llevará, preferentemente, un orificio de ventilación, de diámetro no inferior a 4 mm., situado en la parte inferior de forma que puedan eliminarse acumulaciones de agua en el captador. El orificio se realizará de manera que el agua pueda drenarse en su totalidad sin efectuar al aislamiento.

Cuando se utilicen captadores con absorbedores de aluminio, obligatoriamente se utilizarán fluidos de trabajo con un tratamiento inhibidor de los iones de cobre y hierro.

5.3.- ACUMULADOR

Cada acumulador vendrá equipado de fábrica de los necesarios manguitos de acoplamiento, soldados antes del tratamiento de protección, para las siguientes funciones :

- Manguitos roscados para la entrada de agua fría y la salida de agua caliente.
- Registro embridado para inspección del interior del acumulador y eventual acoplamiento del serpentín.
- Manguitos roscados para la entrada y salida del fluido primario.
- Manguitos roscados para accesorios como termómetro y termostato.
- Manguitos para el vaciado.

Los acumuladores vendrán equipados de fábrica con las bocas necesarias soldadas antes de efectuar el tratamiento de protección interior.

El acumulador estará enteramente recubierto con material aislante, y es recomendable disponer una protección mecánica en chapa pintada al horno, PRFV, o lámina de material plástico.

Todos los acumuladores irán equipados con la protección catódica establecida por el fabricante para garantizar la durabilidad del acumulador.

Al objeto de estas especificaciones, podrán utilizarse acumuladores de las características y tratamiento descritos a continuación :

- Acumuladores de acero vitrificado de volumen inferior a 1000 l.
- Acumuladores de acero con tratamiento epoxídico.
- Acumuladores de acero inoxidable.
- Acumuladores de cobre.
- Acumuladores no metálicos que soporten la temperatura máxima del circuito, cumplan las normas UNE que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las Compañías de suministro de agua potable.

- Acumuladores de acero negro (sólo en circuitos cerrados, sin agua de consumo)

5.4.- INTERCAMBIADOR DE CALOR

Se indicará el fabricante y modelo del intercambiador de calor, así como datos de sus características de actuación medidos por el propio fabricante o por un laboratorio acreditado.

El intercambiador seleccionado resistirá la presión máxima de trabajo de la instalación. En particular se prestará especial atención a los intercambiadores que, como en el caso de los depósitos de doble pared, presentan grandes superficies expuestas por un lado a la presión y por otro, a la atmósfera, o bien, a fluidos a mayor presión.

En ningún caso se utilizarán intercambiadores con envolvente que dificulten la convección natural en el interior del acumulador.

Los materiales del intercambiador de calor resistirán la temperatura máxima de trabajo del circuito primario y serán compatibles con el fluido de trabajo.

Los intercambiadores de calor utilizados en circuitos de agua sanitaria serán de acero inoxidable o cobre.

Cualquier intercambiador de calor existente entre el circuito de captadores y el sistema de suministro al consumo no debería reducir la eficacia del captador debido a un incremento en la temperatura de funcionamiento de captadores en más de los que los siguientes criterios especifican :

- Cuando la ganancia solar del captador haya llegado al valor máximo posible, la reducción de la eficiencia del captador debido al intercambiador de calor no debería exceder el 10 % (en valor absoluto).
- Si se instala más de un intercambiador de calor, también este valor debería de no ser excedido por la suma de las reducciones debidas a cada intercambiador. El criterio que se aplica también si existe en el sistema un intercambiador de calor en la parte de consumo.
- Si en una instalación a medida sólo se usa un intercambiador entre el circuito de captadores y el acumulador, la transferencia de calor del intercambiador de calor por unidad de área de captados no debería ser menor de 40 W/(K-m²).

Se recomienda dimensionar el intercambiador de calor, en función de la aplicación, con las condiciones expresadas en el tabla 8.

Tabla 8

Aplicación	<i>Temperatura</i>	<i>Temperatura</i>	<i>temperatura</i>
	<i>Entrada primario</i>	<i>Salida secundario</i>	<i>Entrada secundario</i>
Piscinas	50° C	28° C	24° C
Agua caliente sanitaria	60° C	50° C	45° C
Calefacción a baja temperatura	60° C	50° C	45° C
Refrigeración/calefacción	105° C	90° C	75° C

La pérdida de carga de diseño en el intercambiador de calor no será superior a 3 m.c.a., tanto en el circuito primario como en el secundario.

5.5.- BOMBAS DE CIRCULACIÓN

Las bombas podrán ser del tipo en línea, de rotor seco o húmedo o de bancada. Siempre que sea posible se utilizará, bombas tipo circuladores en línea.

En circuitos de agua caliente para usos sanitarios, los materiales de la bomba serán resistentes a la corrosión.

Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado.

Las bombas serán resistentes a las averías producidas por efecto de las incrustaciones calizas.

Las bombas serán resistentes a la presión máxima del circuito.

La bomba se seleccionará de forma que el caudal y la pérdida de carga de diseño se encuentren dentro de la zona de rendimiento óptimo especificado por el fabricante.

La presión de la bomba deberá compensar todas las pérdidas de carga del circuito correspondiente.

5.6.- TUBERÍAS

En sistemas directos se utilizará cobre o acero inoxidable en el circuito primario. Se admiten tuberías de material plástico acreditado apto para esta aplicación.

En las tuberías del circuito primario podrán utilizarse como materiales el acero negro, el cobre y el acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embridadas y protección exterior con pintura anticorrosiva. Se admite material plástico acreditado apto para esta aplicación.

En el circuito secundario o de servicio de agua caliente sanitaria, podrá utilizarse cobre y acero inoxidable. Además, podrán utilizarse materiales plásticos que soporten la temperatura máxima del circuito, cumplan las normas UNE que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las Compañías de suministro de agua potable.

Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y uniones por capilaridad (UNE 37153). No se utilizarán tuberías de acero negro para circuitos de agua sanitaria.

El diámetro de las tuberías se seleccionará de forma que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a 2 m/s cuando la tubería discurra por locales habitados y a 3 m/s cuando el trazado sea al exterior o por locales no habitados.

El dimensionado de las tuberías se realizará de forma que la pérdida de carga unitaria en tuberías nunca sea superior a 40 mm. de columna de agua por metro lineal.

5.7.- VÁLVULAS

La elección de las válvulas se realizará de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura), siguiendo preferentemente los criterios que a continuación se citan :

- Para aislamiento : válvulas de esfera.
- Para equilibrado de circuitos : válvulas de asiento.
- Para vaciado : válvulas de esfera o de macho.
- Para llenado : válvulas de esfera.
- Para purga de aire : válvulas de esfera o de macho.
- Para seguridad : válvulas de resorte.
- Para retención : válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta o especiales para sistemas por termosifón.

A los efectos de este PCT, no se permitirá la utilización de válvulas de compuerta.

El acabado de las superficies de asiento y obturador debe asegurar la estanqueidad al cierre de las válvulas, para las condiciones de servicio especificadas.

Las válvulas de seguridad, por su importante función, deben ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso se sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

Las válvulas de retención se situarán en la tubería de impulsión de la bomba, entre la boca y el manguito antivibratorio, y en cualquier caso, aguas arriba de la válvula de interceptación.

5.8.- VASO DE EXPANSIÓN

La tubería de conexión del vaso de expansión no se aislará térmicamente y tendrá volumen suficiente para enfriar el fluido antes de alcanzar el vaso.

Los datos que sirven de base para la protección del vaso son los siguientes :

- Volumen total de agua en la instalación, en litros.
- Temperatura mínima de funcionamiento, para cual se asumirá el valor de 4° C, a la que corresponde la máxima densidad.
- Temperatura máxima que puede alcanzar el agua durante el funcionamiento de la instalación.

- Presiones mínima y máxima de servicio, en bar, cuando se trate de vasos cerrados.
- Volumen de expansión calculado, en litros.

Los cálculos darán como resultado final el volumen total del vaso y la presión nominal PN, que son los datos que definen sus características de funcionamiento.

El volumen de dilatación será, como mínimo, igual al 4,3 % del volumen total de fluido en el circuito primario.

Los vasos de expansión cerrados se dimensionarán de forma que la presión mínima en frío en el punto más alto del circuito no sea inferior a 1,5 kg/cm² y la presión máxima en caliente en cualquier punto del circuito no supere la presión máxima de trabajo de los componentes.

El dispositivo de expansión cerrado del circuito de captadores deberá estar dimensionado de tal forma que, incluso después de una interrupción del suministro de potencia a la bomba de circulación del circuito de captadores justo cuando la radiación solar sea máxima, se pueda restablecer la operación automáticamente cuando la potencia esté disponible de nuevo.

5.9.- AISLAMIENTO

El aislamiento de acumuladores cuya superficie sea inferior a 2m² tendrá un espesor mínimo de 30 mm. para volúmenes superiores el espesor mínimo será de 50 mm.

El espesor del aislamiento del cambiador de calor no será inferior a 20 mm.

Los espesores de aislamiento (expresados en mm.) de tuberías y accesorios situados al interior no serán inferiores a los valores de la tabla 11.

Tabla 11

Fluido interior caliente				
Diámetro exterior (mm)	Temperatura del fluido (° C)			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	150 a 200
D≤35	20	20	30	40

$35 < D \leq 60$	20	30	40	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40	50
$90 < D \leq 140$	30	40	50	50
$140 < D$	30	40	50	60

Para tuberías y accesorios situados al exterior, los valores de la tabla 11 se incrementarán en 10 mm. como mínimo.

El material aislante se sujetará con medios adecuados, de forma que no pueda desprenderse de las tuberías o accesorios.

El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

5.10.- PURGA DE AIRE

En general, el trazado del circuito evitará los caminos tortuosos, para favorecer el desplazamiento del aire atrapado hacia los puntos altos.

Los trazados horizontales de tubería tendrán siempre una pendiente mínima del 1 % en el sentido de circulación.

Los purgadores automáticos deberán soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador.

5.11.- SISTEMA DE LLENADO

Los circuitos con vaso de expansión cerrado deben incorporar un sistema de llenado manual o automático que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado. En general es recomendable la adopción de un sistema de llenado automático con la inclusión de un depósito de recarga u otro dispositivo, de forma que nunca se utilice un fluido para el circuito primario cuyas características incumplan este pliego de condiciones técnicas.

En cualquier caso, nunca podrá rellenarse el circuito primario con agua de red si sus características pueden dar lugar a incrustaciones, deposiciones o ataques en el circuito, o si este circuito necesita anticongelante por riesgo de heladas o cualquier otro aditivo para su correcto funcionamiento.

Las instalaciones que requieran anticongelante deben incluir un sistema que permita el relleno manual del mismo.

5.12.- SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control incluirá señalizaciones luminosas de la alimentación del sistema del funcionamiento de bombas.

El rango de temperatura ambiente de funcionamiento del sistema de control, estará, como mínimo, entre -10°C y 50°C .

Los sensores de temperaturas soportarán las máximas temperaturas previstas en el lugar en que se ubiquen. Deberán soportar sin alteraciones de más de 1°C , las siguientes temperaturas en función de la aplicación :

- A.C.S. y calefacción por suelo radiante y “fan-coil” : 100°C .
- Refrigeración/calefacción : 140°C .
- Usos industriales : función de la temperatura de uso.

La localización e instalación de los sensores de temperatura deberá asegurar un buen contacto térmico con la parte en la cual hay que medir la misma. Para conseguirlo en el caso de las de inmersión, se instalarán en contracorriente con el fluido. Los sensores de temperatura deberán estar aislados contra la influencia de las condiciones ambientales que le rodean.

La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que éstas midan exactamente las temperaturas que se desean controlar, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos.

Preferentemente las sondas serán de inmersión. Se tendrá especial cuidado en asegurar una adecuada unión entre las sondas de contacto y la superficie metálica.

5.13.- SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

El sistema de monitorización realizará la adquisición de datos, al menos, con la siguiente frecuencia :

- Toma de medidas o estados de funcionamiento : cada minuto.
- Cálculo de medias de valores y registro : cada 10 minutos.
- Tiempo de almacenamiento de datos registrados : mínimo 1 año.

Las variables analógicas que deben ser medidas por el sistema de monitorización serán seis como mínimo, y entre las cuales deberán estar las cuatro siguientes :

- Temperatura de entrada de agua fría.
- Temperatura de suministro de agua caliente solar.
- Temperatura de suministro de agua caliente a consumo.
- Caudal de agua de consumo.

El sistema de monitorización registrará, con la misma frecuencia, el estado de funcionamiento de las bombas de circulación de primario y secundario, la actuación de las limitaciones por máxima o mínima y el funcionamiento del sistema de energía auxiliar.

Opcionalmente, el sistema de monitorización medirá, además, las siguientes variables :

- Temperatura de entrada a captadores.
- Temperatura de salida de captadores.
- Temperatura de entrada secundario.
- Temperatura de salida secundario.
- Radiación global sobre plano de captadores
- Temperatura ambiente exterior.
- Presión de agua en circuito primario.
- Temperatura fría del acumulador.
- Temperatura caliente del acumulador.
- Temperaturas de salidas de varios grupos de captadores.
- Variables que permitan el conocimiento del consumo energético del sistema auxiliar.

El tratamiento de los datos medidos proporcionará, al menos, los siguientes resultados :

- Temperatura media de suministro de agua caliente a consumo.
- Temperatura media de suministro de agua caliente solar.
- Demanda de energía térmica diaria.
- Energía solar térmica aportada.
- Energía auxiliar consumida.
- Fracción solar media.
- Consumos propios de la instalación (bombas, controles, etc.)

Con los datos registrados se procederá al análisis de resultados y evaluación de las prestaciones diarias de la instalación.

5.14.- EQUIPOS DE MEDIDA

Medida de temperatura

Las medidas de temperatura se realizarán mediante sensores de temperatura.

La medida de la diferencia de temperatura entre dos puntos del fluido de trabajo se realizará mediante los citados sensores de temperatura, debidamente conectados, para obtener de forma directa la lectura diferencial.

En lo referente a la colocación de las sondas, han de ser preferentemente de inmersión y situadas a una distancia máxima de 5 cm. del fluido cuya temperatura se pretende medir. Las vainas destinadas a alojar las sondas de temperatura, deben introducirse en las tuberías siempre en contracorriente y en un lugar donde se creen turbulencias.

Medida de caudal

La medida de caudales de líquidos se realizará mediante turbinas, medidores de flujo magnético, medidores de flujo de desplazamiento positivo o procedimientos

gravimétricos o de cualquier otro tipo, de forma que la precisión sea igual o superior a $\pm 3 \%$ en todos los casos.

Se suministrarán los siguientes datos que deberán ser facilitados por el fabricante :

- Calibre del contador.
- Temperatura máxima del fluido.
- Caudales :
 - en servicio continuo
 - máximo (durante algunos minutos)
 - mínimo (con precisión mínima del 5 %)
 - de arranque
- Indicación mínima de la esfera.
- Capacidad máxima d localización.
- Presión máxima de trabajo.
- Dimensiones.
- Diámetro y tipo de las conexiones.
- Pérdida de carga en función del caudal.

Cuando exista, el medidor se ubicará en la entrada de agua fría del acumulador solar.

Medida de energía

Los contadores de energía térmica estarán constituidos por los siguientes elementos :

- Contador de caudal de agua, descrito anteriormente.
- Dos sondas de temperatura.
- Microprocesador electrónico, montado en la parte superior del contador o separado.

En función de la ubicación de las dos sondas de temperatura, se medirá la energía aportada por la instalación solar o por el sistema auxiliar. En el primer

caso, una sonda de temperatura se situará en la entrada del agua fría del acumulador solar y otra en la salida del agua caliente del mismo.

Para medir el aporte de energía auxiliar, las sondas de temperatura se situarán en la entrada y salida del sistema auxiliar.

El microprocesador multiplicará la diferencia de ambas temperaturas por el caudal instantáneo de agua y su peso específico. La integración en el tiempo de estas cantidades proporcionará la cantidad de energía aportada.

6. CONDICIONES DE MONTAJE

6.1.- GENERALIDADES

La instalación se construirá en su totalidad utilizando materiales y procedimientos de ejecución que garanticen las exigencias del servicio, durabilidad, salubridad y mantenimiento.

Se tendrá en cuenta las especificaciones dadas por los fabricantes de cada uno de los componentes.

Es responsabilidad del suministrador comprobar que el edificio reúne las condiciones necesarias para soportar la instalación, indicándolo expresamente en la documentación.

Es responsabilidad del suministrador el comprobar la calidad de los materiales y agua utilizados, cuidando que se ajusten a los especificado en estas normas, y el evitar el uso de materiales incompatibles entre sí.

El suministrador será responsable de la vigilancia de sus materiales durante el almacenaje y el montaje, hasta la recepción provisional.

Las aperturas de conexión de todos los aparatos y maquinas deberán estar convenientemente protegidas durante el transporte, el almacenamiento y el montaje, hasta tanto no se proceda a su unión, por medio de elementos de taponamiento de forma y resistencia adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades dentro dela aparato.

Durante el montaje, el suministrador deberá evacuar de la obra todos los materiales sobrantes de trabajos efectuados con anterioridad, en particular de retales de conducciones y cables.

Asimismo, al final de la obra, deberá limpiar perfectamente todos los equipos (captadores, acumuladores, etc.), cuadros eléctricos, instrumentos de medida, etc. De cualquier tipo de suciedad, dejándolos en perfecto estado.

Antes de su colocación, todas las canalizaciones deberán reconocerse y limpiarse de cualquier cuerpo extraño, como rebabas, óxidos, suciedades, etc.

La alineación de las canalizaciones en uniones y cambios de dirección se realizará con los correspondientes accesorios y/o cajas, centrando los ejes de las

canalizaciones con los de las piezas especiales, sin tener que recurrir a forzar la canalización.

La instalación de los equipos, válvulas y purgadores permitirá su posterior acceso a las mismas a efectos de su mantenimiento, reparación o desmontaje.

Una vez instalados, se procurará que las placas de características de los equipos sean visibles.

Los circuitos de distribución de ACS se protegerán contra la corrosión por medio de ánodos de sacrificio.

Todos los equipos y circuito podrán vaciarse total o parcialmente, realizándose esto desde los puntos más bajos de la instalación.

Las conexiones entre los puntos de vaciado y desagües se realizarán de forma que el paso del agua quede perfectamente visible.

6.2.- MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE Y CAPTADORES

Si los captadores son instalados en los tejados de edificios, deberá asegurarse la estanqueidad en los puntos de anclaje.

La instalación permitirá el acceso a los captadores de forma que su desmontaje sea posible en caso de rotura, pudiendo desmontar cada captador con el mínimo de actuaciones sobre los demás.

El suministrador evitará que los captadores queden expuestos al sol por periodos prolongados durante el montaje. En este periodo las conexiones del captador deben estar abiertas a la atmósfera, pero impidiendo la entrada de suciedad.

Terminado el montaje, durante el tiempo previo al arranque de la instalación, si se prevé que éste pueda prolongarse, el suministrador procederá a tapar los captadores.

6.3.- MONTAJE DE ACUMULADOR

La estructura soporte para depósitos y su fijación se realizará según la normativa vigente.

La estructura soporte y su fijación para depósitos de más de 1000 litros situados en cubiertas o pisos deberá ser diseñada por un profesional competente. La ubicación de los acumuladores y sus estructuras de sujeción cuando se sitúen en

cubiertas de piso tendrá en cuenta las características de la edificación, y requerirá para depósitos de más de 300 litros el diseño de un profesional competente.

6.4.- MONTAJE DEL INTERCAMBIADOR

Se tendrá en cuenta la accesibilidad del intercambiador, para operaciones de sustitución o reparación.

6.5.- MONTAJE DE LAS BOMBAS

Las bombas en línea se instalarán con el eje de rotación horizontal y con espacio suficiente para que el conjunto motor-rodete pueda ser fácilmente desmontado.

El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

Las tuberías conectadas a las bombas en línea se soportarán en las inmediaciones de las bombas de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos.

Todas las bombas estarán dotadas de tomas para la medición de presiones en aspiración e impulsión.

Todas las bombas deberán protegerse, aguas arriba, por medio de la instalación de un filtro de malla o tela metálica.

6.6.- MONTAJE DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Antes del montaje deberá comprobarse que las tuberías no estén rotas, fisuradas, dobladas, aplastadas, oxidadas o de cualquier manera dañadas.

Se almacenarán en lugares donde estén protegidas contra los agentes atmosféricos. En su manipulación se evitarán roces, rodaduras y arrastres, que podrían dañar la resistencia mecánica, las superficies calibradas de las extremidades o las protecciones anti-corrosion.

Las piezas especiales, manguitos, gomas de estanqueidad, etc. Se guardarán en locales cerrados.

Las tuberías discurrirán siempre por debajo de canalizaciones eléctricas que crucen o corran paralelamente.

La distancia en línea recta entre la superficie exterior de la tubería, con su eventual aislamiento, y la del cable o tubo protector no debe ser inferior a las siguientes :

- 5 cm. para cables bajo tubo con tensión inferior a 1000 V.
- 30 cm. para cables sin protección con tensión inferior a 1000 V.
- 50 cm. para cables con tensión superior a 1000 V.

No se permitirán la instalación de tuberías en huecos y salas de maquinas de ascensores, centros de transformación, chimeneas y conductos de climatización o ventilación.

Las conexiones de las tuberías a los componentes se realizarán de forma que no se transmitan esfuerzos mecánicos.

Las conexiones de componentes al circuito deben ser fácilmente desmontables por bridas o racores, con el fin de facilitar su sustitución o reparación.

Para evitar la formación de bolsas de aire, los tramos horizontales de tubería se montarán siempre con una pendiente ascendente, en el sentido de circulación, del 1%.

Se facilitarán las dilataciones de tubería utilizando los cambios de dirección o dilatadores axiales.

Las uniones de tuberías de cobre se realizarán mediante manguitos soldados por capilaridad.

El dimensionado, distancia y disposición de los soportes de tubería se realizará de acuerdo con las prescripciones de UNE 100.152.

Durante el montaje de las tuberías se evitarán en los cortes para la unión de tuberías, las rebabas y escorias.

Los sistemas de seguridad y expansión se conectarán de forma que se evite cualquier acumulación de suciedad o impurezas.

Las dilataciones que sufren las tuberías al variar la temperatura del fluido, deben componerse a fin de evitar roturas en los puntos más débiles, que suelen ser las uniones entre tuberías y aparatos, donde suelen concentrarse los esfuerzos de dilatación y contracción.

En los trazados de tuberías de gran longitud, horizontales o verticales, se compensarán los movimientos de tuberías mediante dilatadores axiales.

6.7.- MONTAJE DEL AISLAMIENTO

El aislamiento no podrá quedar interrumpido al atravesar elementos estructurales del edificio.

Tampoco se permitirá la interrupción del aislamiento térmico en los soportes de las conducciones, que podrán estar o no completamente envueltos por el material aislante.

Después de la instalación del aislamiento térmico, los instrumentos de medida y de control, así como válvulas de desagües, volante, etc., deberán quedar visibles y accesibles.

Cuando el agua pueda arrasar partículas sólidas en suspensión, se instalará un filtro de malla fina antes del contador, del tamiz adecuado.

6.8.- MONTAJE DE CONTADORES

Se instalarán siempre entre dos válvulas de corte para facilitar su desmontaje. El suministrador deberá prever algún sistema (“by-pass” o carrete de tubería) que permita el funcionamiento de la instalación aunque el contador sea desmontado para calibración o mantenimiento.

En cualquier caso, no habrá ningún obstáculo hidráulico a una distancia igual, al menos, diez veces el diámetro de la tubería antes y cinco veces después del contador.

7. PROGRAMA DE VIGILANCIA Y MANTENIMIENTO

7.1.- GENERALIDADES

El objeto de este apartado es definir las operaciones que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de los equipos solares.

Termicol, t de esta forma contribuir al buen funcionamiento, durabilidad, fiabilidad y disponibilidad de los mismos, aumentando de esta forma el ahorro energético y económico.

En el programa de mantenimiento se definen tres grados de actuación para englobar todas las operaciones necesarias realizar durante la vida útil de la instalación, para garantizar el correcto funcionamiento de la instalación solar, así como su durabilidad, fiabilidad y disponibilidad.

Se establecen tres grados de actuación y para cada uno de los ellos se establecen los objetivos que se deben conseguir, las acciones a realizar y quien las debe ejecutar.

7.2.- VIGILANCIA

El programa de vigilancia es el definido en el manual de uso y normalmente será llevado a cabo por el usuario. Las operaciones a realizar se enumeran a continuación :

- Captadores : observar si se produce humedad o condensación.
- Acumulador : observa si aparecen fugas en las conexiones.
- Conexiones : observar si hay fugas, si el aislamiento está húmedo o si la pintura que lo cubre está muy deteriorada.
- Estructura : observar si hay corrosión y si los tornillos están bien apretados.

7.3.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener

dentro de los límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma.

El mantenimiento preventivo contempla, al menos una revisión anual de la instalación para aquellas instalaciones con una superficie de captación inferior a 20 m² y al menos una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m².

El mantenimiento preventivo será realizado por personal técnico cualificado y especializado con conocimientos de la tecnología solar térmica, la instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas.

El mantenimiento preventivo incluye las operaciones y sustitución de material fungible o desgastado por el uso, necesarias PATRA asegurar que la instalación funcione.

7.4.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Son operaciones realizadas como consecuencia de la detección, en el plan de vigilancia o en el mantenimiento preventivo, de cualquier anomalía en el funcionamiento de la instalación solar.

El mantenimiento correctivo será realizado por el personal técnico cualificado y especializado con conocimientos de la tecnología solar térmica. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejan todas las operaciones.

El mantenimiento correctivo incluye la visita a la instalación solar, cada vez que el usuario así lo requiera por avería grave de la instalación solar, así como el análisis y presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarios para el correcto funcionamiento de la misma.

Si el usuario está de acuerdo con el presupuesto se procederá a la reparación de la instalación solar y el usuario abonará a la empresa mantenedora el precio convenido.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE ACS Y
CALEFACCION POR SUELO RADIANTE CON PLACAS
SOLARES TÉRMICAS”

DOCUMENTO N°5: PRESUPUESTO

Aitor Gárate Bienzobas

Rafael Araujo

Pamplona, 25 de Abril de 2013

INDICE

1. INSTALACIÓN DE ACS	3
2. INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE.....	4
3. INSTALACIÓN DE CALDERA Y CIRCUITOS	6
4. INSTALACIÓN DE CONTROL DIGITAL.....	7
5. RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	8
6. RESUMEN INSTALACIÓN SOLAR	8

Código Nat	Ud	Resumen	Cantidad	Pr. Pres.	Imp Pres
1 Capítulo		INSTALACIÓN DE ACS			7.533,14 €
1.001 Partida	Ud	Colector Solar colector solar plano modelo Solahart M de 1,8 m2 de superficie útil de captación. Totalmente instalado y colocado	1	523,76 €	523,76 €
1.002 Partida	Ud	Estructura soporte captadores estructura soporte en aluminio aleación 6063 de la casa Salvador Escoda, alta resistencia y durabilidad, tornillos de sujeción y anclajes para cubierta en inoxidable A2. Totalmente instalado y colocado.	1	22,10 €	22,10 €
1.003 Partida	Ud	Fluido caloportador bidón de 25 litros de líquido caloportador Fernox Alphi 11 totalmente instalado y colocado	5	3,82 €	19,12 €
1.004 Partida	Ud	Acumulador 1 acumulador modelo Vitocell 300B EVB de la casa Viessman de 300 litros de capacidad. Interacumulador vertical de ACS con calentamiento interior de acero inoxidable de alta aleación. Con dos serpentines. Con el intercambiador de calor inferior se realiza el calentamiento mediante colectores de energía solar, con el superior, el calentamiento posterior mediante la calera según demanda. Totalmente instalado y colocado.	1	3.882,01 €	3.882,01 €
1.005 Partida	Ud	Acumulador 2 acumulador modelo Vitocell 300W EVA de la casa Viessman de 160 litros de capacidad. Interacumulador de acero inoxidable de alta aleación vertical situado junto a la caldera. Aislamiento térmico montado de poliretano inyectado, vaina de inmersión soldada para sonda de temperatura del interacumulador o regulador de temperatura y termómetro integrado. Totalmente instalado y colocado.	1	1.508,03 €	1.508,03 €
1.006 Partida	ML	Tubería de cobre tubería de cobre tipo M fabricado bajo la norma ASTM B88 de 20 mm de diámetro, totalmente instalada y colocada	41,14	4,69 €	192,75 €
1.007 Partida	ML	Aislamiento de tubería ml de calorifugado a base de coquilla flexible de caucho sintético expandido para aislar tubería de cobre de 20 mm de diámetro	3	4,43 €	13,29 €
1.008 Partida	Ud	Codos a 90º unión de tubería mediante codo a 90º, totalmente instalada y colocada.	22	1,93 €	42,54 €
1.009 Partida	Ud	Conexiones T unión de tubería mediante conexión tipo T, totalmente instalada y colocada.	20	2,16 €	43,13 €
1.010 Partida	Ud	Bomba 1 bomba de impulsión modelo BPH 120/250.40T de la casa Salvador Escoda. Cuerpo bomba y caja motor de fundición. Turbina de tecno-polímero, eje motor de acero inoxidable templado, montado sobre cojinetes de de grafito lubricados por el mismo líquido bombeado. Bridas provistas de orificios roscados para manómetros de control. Camisa de protección del rotor y camisa estator de acero inoxidable. Anillo de fricción de cerámica, anillos de sello mecánico de etileno-propileno y tapón salida aire de latón. Motor de dos polos de tipo asíncrono, con rotor bañado y funciona a tres velocidades. Totalmente instalado y colocado.	1	812,74 €	812,74 €

1.011 Partida	Ud	Bomba 3 bomba de impulsión modelo VS35/150 de la casa Salvador Escoda. Cuerpo único formado por una parte hidráulica de bronce. Caja motor de aluminio fundido a presión. Turbina en tecnopolímero. Eje motor de cerámica montada sobre cojinetes de grafito lubricados por el mismo líquido de bombeado. camisa del rotor, camisa estrator y brida de cierre de acero inoxidable. Anillo de fricción de cerámica, anillos de sello mecánico de etileno-propileno. Motor de dos o cuatro polos, de tipo asíncrono, con rotor bañado y protegido contra la sobrecarga. Totalmente instalado y colocado.	1	286,85 €	286,85 €
1.012 Partida	Ud	Vaso de expansión vaso de expansión modelo AC04001 de 5 litros de capacidad, de la casa salvador Escoda. Fabricado en acero de alta calidad. Vejiga interior recambiable fabricadas en caucho especial impermeable, flexible, de gran elasticidad y elevada resistencia a la temperatura. Totalmente instalado y colocado.	2	38,66 €	77,32 €
1.013 Partida	Ud	Válvula de Corte ¾" válvula de corte de pvc marca Hayward de 3/4" de diámetro, totalmente instalada y colocada	11	2,67 €	29,33 €
1.014 Partida	Ud	Válvula antiretorno ½" válvula de bola antiretorno de pvc marca Hayward de 1/2" de diámetro, totalmente instalada y colocada	3	3,92 €	11,76 €
1.015 Partida	Ud	Válvula de seguridad ¾" válvula de seguridad Danfoss modelo BSV 8 en acero y aluminio, conexión por medio de racores de 3/4", presión de tarado de 10 bares. Totalmente instalada y colocada.	5	10,26 €	51,31 €
1.016 Partida	Ud	Purgadores ¾" purgador automático de boya de cuerpo de latón OT-58 de la casa salvador Escoda, totalmente instalado y colocado	3	5,69 €	17,08 €
2 Capítulo		INSTALACIÓN DEL SUELO RADIANTE			22.910,75 €
2.001 Partida	Ud	Colector Solar colector solar plano modelo Solahart M de 1,8 m2 de superficie útil de captación. Totalmente instalado y colocado	22	523,76 €	11.522,79 €
2.002 Partida	Ud	Estructura soporte captadores estructura soporte en aluminio aleación 6063 de la casa Salvador Escoda, alta resistencia y durabilidad, tornillos de sujeción y anclajes para cubierta en inoxidable A2. Totalmente instalado y colocado.	22	22,10 €	486,15 €
2.003 Partida	Ud	Fluido caloportador bidón de 25 litros de líquido caloportador Fernox Alphi 11 totalmente instalado y colocado	5	3,82 €	19,12 €
2.004 Partida	Ud	Intercambiador intercambiador de placas modelo Pecomark M10Nx14. Placas y conexiones en acero inoxidable AISI 316, juntas NBR y bastidor en acero al carbono. Presión máxima de trabajo de 10 bar y temperatura máxima de 100°C. Totalmente instalado y colocado.	1	1.609,54 €	1.609,54 €
2.005 Partida	ML	Tubería de cobre tubería de cobre tipo M fabricado bajo la norma ASTM B88 de 20 mm de diámetro, totalmente instalada y colocada	38	4,69 €	178,04 €
2.006 Partid	ML	Aislamiento de tubería ml de calorifugado a base de coquilla flexible de caucho sintético expandido para aislar tubería de cobre de 20 mm de diámetro	17	4,43 €	75,31 €
2.007 Partida	Ud	Codos a 90º	21	1,93 €	40,60 €

		unión de tubería mediante codo a 90º, totalmente instalada y colocada.			
2.008 Partida	Ud	Conexiones T unión de tubería mediante conexión tipo T, totalmente instalada y colocada.	8	1,93 €	15,47 €
2.009 Partida	Ud	Bomba 2 y 4	2	812,74 €	1.625,47 €
		bomba de impulsión modelo BPH 120/250.40T de la casa Salvador Escoda. Cuerpo bomba y caja motor de fundición. Turbina de techno-polímero, eje motor de acero inoxidable templado, montado sobre cojinetes de de grafito lubricados por el mismo líquido bombeado. Bidas provistas de orificios roscados para manómetros de control. Camisa de protección del rotor y camisa estator de acero inoxidable. Anillo de fricción de cerámica, anillos de sello mecánico de etileno-propileno y tapón salida aire de latón. Motor de dos polos de tipo asíncrono, con rotor bañado y funciona a tres velocidades. Totalmente instalado y colocado.			
2.010 Partida	Ud	Vaso de expansión vaso de expansión modelo AC04001 de 5 litros de capacidad, de la casa salvador Escoda. Fabricado en acero de alta calidad. Vejiga interior recambiable fabricadas en caucho especial impermeable, flexible, de gran elasticidad y elevada resistencia a la temperatura. Totalmente instalado y colocado.	1	38,66 €	38,66 €
2.011 Partida	Ud	Vaso de expansión vaso de expansión modelo AC04016 de 8 litros de capacidad, de la casa salvador Escoda. Fabricado en acero de alta calidad. Vejiga interior recambiable fabricadas en caucho especial impermeable, flexible, de gran elasticidad y elevada resistencia a la temperatura. Totalmente instalado y colocado.	1	49,70 €	49,70 €
2.012 Partida	Ud	Colectores unidad de distribuidor para 6 circuitos marca Uponor Quick&Easy incluyendo: colectores ida y retorno, llaves termostizables en la impulsión, termómetros para cada circuito en retorno y uno común en la impulsión, detentores en el retorno, tomas de llenado y vaciado, y purgas. totalmente instalado y colocado.	2	- € 664,15 €	1.328,30 €
2.013 Partida	Ud	Columna de colectores cajón empotrable para colectores de 6 circuitos de dimensiones 550x700 mm totalmente instalado y colocado.	2	85,26 €	170,52 €
2.014 Partida	ML	Tubo polietileno reticulado tubo Uponor wirsbo-eval Pex 16x1,8 con barrera antidifusión de oxígeno de diámetro 16 mm. Incluso pérdidas por remates, totalmente colocado.	763	2,22 €	1.694,18 €
2.015 Partida	ML	Tubo polietileno reticulado tubo Uponor wirsbo-eval Pex 32x2,9 con barrera antidifusión de oxígeno de diámetro 32 mm. Incluso p/p de soportes para ir suspendida de techo y por patinillos, pérdidas por remates y p/p de codos, tes, racores finales, y accesorios de unión y transición roscados y por termofusión necesarios. Incluso mano de obra de colocación y pruebas.	35,4	8,11 €	286,96 €
2.016 Partida	Ud	aditivo para mortero bidón de 30 kg de solución acuosa de sulfonato de lignina con agentes humectantes especiales, marca Uponor.	30	9,31 €	279,20 €
2.017 Partida	M2	Film antihumedad film de polietileno totalmente colocado	200	1,15 €	229,48 €
2.018 Partida	ML	Zócalo perimetral banda de espuma de polietileno para recintos a calefactar, marca Uponor, totalmente colocado	125	1,83 €	228,42 €

2.019 Partida	Ud	Panel portatubos panel portatubos Uponor de dimensiones 1400x800 mm, se compone de una base de poliestireno expandido EPS recubierto de una consistente lámina portatubos plástica para reforzar la parte superior. Totalmente colocado.	150	18,66 €	2.798,36 €
2.020 Partida	Ud	Válvula de Corte ¾"	13	2,67 €	34,67 €
2.021 Partida	Ud	Válvula de corte de pvc marca Hayward de ¾" de diámetro, totalmente instalada y colocada			
2.021 Partida	Ud	Válvula antiretorno ½"	1	3,92 €	3,92 €
2.021 Partida	Ud	válvula de bola antiretorno de pvc marca Hayward de 1/2" de diámetro, totalmente instalada y colocada			- €
2.022 Partida	Ud	Válvula de seguridad ¾"	2	10,26 €	20,53 €
2.022 Partida	Ud	válvula de seguridad Danfoss modelo BSV 8 en acero y aluminio, conexión por medio de racores de ¾", presión de tarado de 10 bares. Totalmente instalada y colocada.			
2.023 Partida	Ud	Purgadores ¾"	3	5,69 €	17,08 €
2.023 Partida	Ud	purgador automático de boya de cuerpo de latón OT-58 de la casa salvador Escoda, totalmente instalado y colocado			
2.024 Partida	Ud	Válvula Termostática	1	158,30 €	158,30 €
2.024 Partida	Ud	válvula termostática modelo Esbe serie VTS 520, fabricada en latón DZR, CW602N resistente a la desgalvanización, totalmente instalada y colocada.			
3 Capítulo		INSTALACIÓN DE CALDERA Y CIRCUITOS			2.957,04 €
3.001 Partida	Ud	Caldera	1	1.981,38 €	1.981,38 €
3.001 Partida	Ud	caldera mural de gas Genus modelo FF, para calefacción y ACS. Dispone de termoregulación de serie, bomba y ventilador modulante, barra de conexiones con grifos y racores, intercambiador primario en acero inoxidable isotérmico, intercambiador sanitario aumentado de 16 placas, vaso de expansión aumentado de 8 litros, toma de análisis de combustión externa, válvula de tres vías motorizada, filtro entrada agua fría y retorno calefacción. Función auto (para calefacción inteligente) y función confort (obtención inmediata de agua caliente sanitaria). Incluso placa de conexiones, sonda de temperatura externa y acople de conductos de entrada de aire y a chimenea, pequeño material y mano de obra de instalación y pruebas.			
3.002 Partida	ML	Tubería de cobre	7	5,66 €	39,64 €
3.002 Partida	ML	tubería de cobre tipo M fabricado bajo la norma ASTM B88 de 25 mm de diámetro, totalmente instalada y colocada			
3.003 Partida	Ud	Codos a 90º	17	1,93 €	32,87 €
3.003 Partida	Ud	unión de tubería mediante codo a 90º, totalmente instalada y colocada.			
3.004 Partida	Ud	Bomba 5 y 6	2	261,35 €	522,70 €
3.004 Partida	Ud	bomba de impulsión modelo VS8/150 de la casa Salvador Escoda. Cuerpo único formado por una parte hidráulica de bronce. Caja motor de aluminio fundido a presión. Turbina en tecnopolímero. Eje motor de cerámica montada sobre cojinetes de grafito lubricados por el mismo líquido de bombeado. camisa del rotor, camisa estrator y brida de cierre de acero inoxidable. Anillo de fricción de cerámica, anillos de sello mecánico de etileno-propileno. Motor de dos o cuatro polos, de tipo asíncrono, con rotor bañado y protegido contra la sobrecarga. Totalmente instalado y colocado.			
3.005 Partida	Ud	Vaso de expansión	2	38,66 €	77,32 €

		vaso de expansión modelo AC04001 de 5 litros de capacidad, de la casa salvador Escoda. Fabricado en acero de alta calidad. Vejiga interior recambiable fabricadas en caucho especial impermeable, flexible, de gran elasticidad y elevada resistencia a la temperatura. Totalmente instalado y colocado.			
3.006 Partida	Ud	Válvula de Corte ¾"	7	2,67 €	18,67 €
		válvula de corte de pvc marca Hayward de 3/4" de diámetro, totalmente instalada y colocada			
3.007 Partida	Ud	Válvula antiretorno ½"	2	3,92 €	7,84 €
		válvula de bola antiretorno de pvc marca Hayward de 1/2" de diámetro, totalmente instalada y colocada			
3.008 Partida	Ud	Válvula de seguridad ¾"	1	10,26 €	10,26 €
		válvula de seguridad Danfoss modelo BSV 8 en acero y aluminio, conexión por medio de racores de 3/4", presión de tarado de 10 bares. Totalmente instalada y colocada.			
3.009 Partida	Ud	Válvulas de esfera	7	13,17 €	92,22 €
		válvulas de esfera en pvc marca Danfoss de 3/4" de diámetro, totalmente instalada y colocada			
3.010 Partida	Ud	Abrazaderas de pared	8	15,13 €	121,03 €
		suministro y colocación de abrazaderas de 125 mm en inox para fijación de elementos			
3.011 Partida	Ud	Grapas	200	0,27 €	53,12 €
		con púa de tope y doble arpón para la perfecta fijación del tubo. Color negro. Totalmente instalada y colocada			
4 Capítulo		INSTALACIÓN DE CONTROL DIGITAL			1.942,81 €
4.001 Partida	Ud	Microprocesador	1	616,19 €	616,19 €
		suministro e instalación de microprocesador Elfatherm modelo E8.0631. 23 entradas analógicas, 19 salidas digitales y programado. En el display se pueden realizar todas las programaciones, ajuste de hora, periodos de calefacción y ACS, ajuste de temperaturas. Formada por un cuadro de control digital, base para su conexión y montaje en la pared, sonda exterior y sonda impulsión de contacto. Totalmente instalado y colocado.			
4.002 Partida	Ud	Sondas de temperatura	25	28,68 €	717,12 €
		suministro e instalación de sondas SIME de temp. Ambiente			
4.003 Partida	Ud	Caudalímetros	4	63,40 €	253,62 €
		suministro e instalación caudalímetros Danfos M150			
4.004 Partida	Ud	Electroválvula de émbolo	2	112,23 €	224,46 €
		suministro y colocación de electroválvula de émbolo 3/2 vías Burkert ¾". Válvula termostática totalmente instalada y colocada.			
4.005 Partida	ML	Cableado	100	0,78 €	77,56 €
		cableado eléctrico flexible de cobre electrolítico cubierto con aislamiento de pvc. Diámetro de 2,5 mm. Totalmente instalado y colocado.			
4.006 Partida	ML	Tubo eléctrico corrugado	1	45,26 €	45,26 €
		material pvc rígido curvable. Color negro. Rollo de 75 metros			
4.006 Partida	Ud	Abrazaderas	90	0,10 €	8,61 €
		suministro y colocación de abrazaderas de pvc para fijación de cable			

5. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

CAPITULO I	INSTALACION ACS	7.533,14 €
CAPITULO II	INSTALACION SUELO RADIANTE	22.910,75 €
CAPITULO III	INSTALACION CALDERA Y CIRCUITOS	2.957,04 €
CAPITULO IV	INSTALACION CONTROL DIGITAL	1.942,81 €

PRESUPUESTO EJECUCIÓN DE LA OBRA	35.343,74 €
---	--------------------

IVA 21%	7.422,19 €
----------------	-------------------

TOTAL OBRAS	42.765,93 €
--------------------	--------------------

HONORARIOS PROYECTISTA (3%)	1.060,31 €
HONORARIOS DIRECCIÓN DE OBRA (3%)	1.060,31 €

IVA 21%	445,33 €
----------------	-----------------

TOTAL HONORARIOS	2.565,96 €
-------------------------	-------------------

PRESUPUESTO TOTAL FINAL	45.331,88 €
--------------------------------	--------------------

6. RESUMEN INSTALACIÓN SOLAR

CAPITULO I	INSTALACION ACS	5.699,59 €
CAPITULO II	INSTALACION SUELO RADIANTE	14.798,42 €
CAPITULO III	INSTALACION CALDERA Y CIRCUITOS	- €
CAPITULO IV	INSTALACION CONTROL DIGITAL	- €

PRESUPUESTO EJECUCIÓN DE LA OBRA	20.498,02 €
---	--------------------

IVA 21%	4.304,58 €
----------------	-------------------

TOTAL OBRAS INSTALACION SOLAR	24.802,60 €
--------------------------------------	--------------------



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE ACS Y
CALEFACCION POR SUELO RADIANTE CON PLACAS
SOLARES TÉRMICAS”

DOCUMENTO N°6: BIBLIOGRAFIA

Aitor Gárate Bienzobas

Rafael Araujo

Pamplona, 25 de Abril de 2013

ÍNDICE

1.	NORMATIVA	3
1.1.	NORMAS GENERALES.....	3
1.2.	NORMAS ESPECIFICAS DEL PROYECTO	3
2.	LIBROS	4
3.	PUBLICACIONES Y CATÁLOGOS	5
4.	PÁGINAS WEB	6

1. NORMATIVA

1.1. NORMAS GENERALES

- CTE : Código Técnico de la Edificación
DB-HS : Salubridad
SB-HE : Ahorro de Energía
- R.I.T.E. : Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (I.T.E.).

1.2. NORMAS ESPECIFICAS DEL PROYECTO

A continuación se exponen algunas de las normas empleadas :

- UNE EN ISO10456:2001 : “Materiales y productos para la edificación. Procedimientos para la determinación de los valores térmicos declarados y de diseño”.
- UNE 100030 IN/2005 : “Guía para la prevención y control de la proliferación de la legionela en las instalaciones”.
- UNE-EN 12975-1:2001 : “Sistemas solares térmicos y componentes – captadores solares – parte 1 : Requisitos generales”.
- UNE EN 1057:1996 : “Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos de cobre, sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción”.
- UNE EN 100:155 : “Cálculo de vasos de expansión para instalaciones de calefacción”.
- UNE EN 1264:1998 : “Suelo radiante sistemas y componentes”

2. LIBROS

- Tuberías, cálculo de pérdidas de presión y criterios de diseño.

Comité científico ATECYR.
Aurelio Alamán.

- Energías renovables, tomo 2. Energía solar térmica.

Gobierna de Navarra.

- CALEFACCIÓN, Tema VIII.

Departamento construcción arquitectónica, Escuela Técnica Superior Las Palmas de Gran Canaria.

- Sistemas térmicos solares. Diseño e instalación.

CENSOLAR.

- PROYECTO DE SISTEMAS TÉRMICO – SOLARES por el método de las curvas f.

ATECYR.

- MANUAL DE ENERGÍAS RENOVABLES. Energía solar térmica.

SECRETARÍA GENERAL DE LA ENERGÍA Y RECURSOS
AMBIENTALES. Idea

- PROTOCOLO DE KYOTO DE 1997.

3. PUBLICACIONES Y CATÁLOGOS

- SOLARHART (captadores solares).
- SUELO RADIANTE :
 - Manual BLANSOL
 - Manual UPONOR
- SALVADOR ESCODA, S.A.
 - Catálogo bombas de impulsión
 - Catálogo valvulería y accesorios calefacción
 - Catálogo vasos expansión membrana fija
- CALDERA
 - Manual Genus instrucciones técnicas para la instalación y mantenimiento.
- TERMICOL ENERGÍA SOLAR CATÁLOGOS (Acumuladores)
- VIESSMAN CATÁLOGOS INTERACUMULADORES ACS
- LUMELCO SOLAR (colectores solares planos de circulación natural o forzada)
- REGULACIÓN ELECTRÓNICA ROCA : “ELFATHERM E8.0631”

4. PÁGINAS WEB

- www.idea.es
- www.censolar.es
- www.preoc.es
- www.soloarquitectura.com
- www.soliclima.com
- www.solarweb.net
- www.nuestroplanetaazul.com